

VERGRÖßERENDE SEHHILFEN - GRUNDLAGEN UND ANPASSUNG

im Zusammenhang mit den Ergebnissen der
Verordnung dieser Hilfsmittel an der
Augenklinik der Universität München
in den Jahren 1979 bis 1985

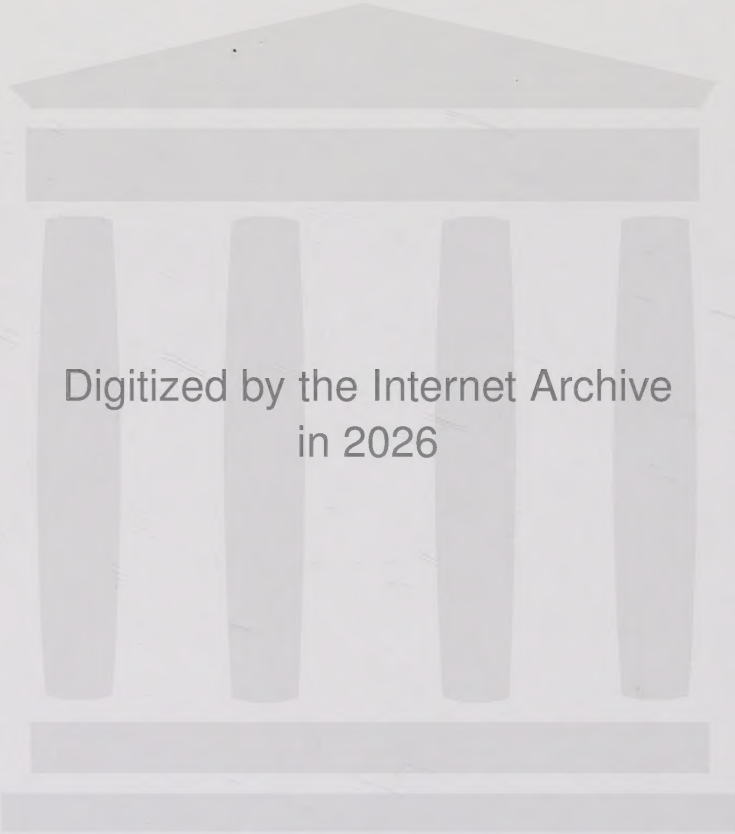
ERNST HÖFLING

1987

Disbui. München

1987





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554624_0041

Aus der Augenklinik der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. O.-E. Lund

Vergrößernde Sehhilfen - Grundlagen und Anpassung

im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Verordnung dieser Hilfsmittel

an der Augenklinik der Universität München

in den Jahren von 1979 bis 1985

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Ernst Höfling

aus

Düsseldorf

1 9 8 7

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. O. E. Lund

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. A. Kampik
Prof. Dr. med. Dr. h. c. H. Goerke

Mitbetreuung durch die
promovierten Mitarbeiter: Frau Dr. med. T. Rittweger
Dr. med. H. L. Kain

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 5. 11. 1987

Prüfer: Prof. Lanksch
Prof. Engelhardt
Prof. Jacob

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zusammenfassung	1
1.2	Nutzung vergrößernder Sehhilfen durch den Augenarzt	2
2	Definitionen der Sehbehinderung	3
3	Ursachen der Sehbehinderung, Therapie und mögliche Sehhilfen	4
3.1	Transparenzverluste der brechenden Medien	4
3.2	Schädigung der zentralen Netzhaut	5
3.3	Schädigung der peripheren Netzhaut	6
3.4	Nystagmus	7
3.5	Schädigung der fortleitenden Strukturen	8
3.6	Verteilung der Ursachen in Bezug auf das Lebensalter	9
3.7	Bemerkungen zur Prophylaxe von Sehschädigungen	10
4	Lesefähigkeit	11
4.1	Physiologie des Lesens	11
4.2	Pathophysiologie des Lesens bei zentraler Netzhautschädigung	11
5	Maßnahmen und Hilfsmittel zur Verbesserung der Lesefähigkeit	13
5.1	Nicht vergrößernde Hilfen	13
5.1.1	Refraktionsausgleich	13
5.1.2	Abstand und Körperhaltung	14
5.1.3	Kontrast und Beleuchtung	15
5.1.4	Weitere Hilfsmittel	19
5.2	Optische, vergrößernde Sehhilfen	19
5.2.1	Lupe und Lupenbrille	19
5.2.1.1	Geschichtliche Bemerkungen	19
5.2.1.2	Theorie der Lupenvergrößerung	21
5.2.1.3	Einfluß von Positionsänderungen der Lupe	26
5.2.1.4	Einfluß der Lupenvergrößerung auf Abstand, Schärfentiefe und Gesichtsfeld	28
5.2.1.5	Folgerungen für Handlupen	30
5.2.1.6	Folgerungen für Lupenbrillen	30

5.2.1.7	Wann gilt eine positive Linse als vergrößernde Sehhilfe ?	31
5.2.1.8	Berechnung der Lupenvergrößerung bei Ametropen	31
5.2.1.9	Lupenarten	32
5.2.1.10	Lupen mit besonderer Abbildungsgüte	36
5.2.2	Einfache Lupenbrillen	37
5.2.2.1	Verstärkter Nahzusatz	38
5.2.2.2	Binokularer Gebrauch	38
5.2.2.3	Monokularer Gebrauch	40
5.2.2.4	Monofokale Lupenbrillen	40
5.2.2.5	Bifokallupenbrillen	42
5.2.3	Lupenbrillensystem mit erweitertem Arbeitsabstand	44
5.2.3.1	Geschichtliche Bemerkungen	44
5.2.3.2	Wirkungsweise der Chevalier-Brücke'schen Lupe	44
5.2.4	Das Galilei - Fernrohr	46
5.2.4.1	Geschichtliche Bemerkungen	46
5.2.4.2	Wirkungsweise des Galilei'schen Fernrohres	47
5.2.4.3	Modifikation des Galilei - Systems für die Nähe	50
5.2.4.4	Die Brücke'sche Lupe als modifiziertes Galileisystem	53
5.2.4.5	Brücke'sche Lupen - Einzelne Systeme	54
5.2.4.6	Fernrohrlupenbrillen - Einzelne Systeme	58
5.2.4.7	Weitere Variationen des Galilei'schen Fernrohres	60
5.2.5	Das astronomische oder Kepler'sche Fernrohr	62
5.2.5.1	Geschichtliche Bemerkungen	62
5.2.5.2	Wirkungsweise des Kepler'schen Fernrohres	62
5.2.5.3	Nachteile und Vorteile gegenüber dem Galilei - System	63
5.2.5.4	Modifikation des Kepler - Systems	64
5.2.5.5	Modifikation für die Nähe	66
5.2.5.6	Prismenlupenbrillen - Einzelne Systeme	67
5.2.5.7	Vergleich mit Fernrohrlupenbrillen	69
5.2.5.8	Grenzen der optischen Nahvergrößerung	69
5.2.5.9	Teleskope für Sehbehinderte - Einzelne Systeme	70
5.2.5.10	Optisches Lesegerät auf Prismenfernrohrbasis	72

5.3	Vergrößernde, elektronische Lesehilfen	73
5.3.1	Geschichtliche Bemerkungen	73
5.3.2	Funktion und Bedienung elektronischer Lesegeräte	74
5.3.3	Einzelne Geräte	75
5.3.4	Weitere, elektronische Hilfen für hochgradig Sehbehinderte	79
6	Bemerkungen zur Anpassung und Verordnung vergrößernder Sehhilfen	82
7	Auswertung des Patientengutes	86
7.1	Häufigkeiten und Relationen der gegebenen Daten	86
7.2	Auswertung der Patientenbefragung	98
7.3	Zusammenfassung der Ergebnisse	111
7.4	Schlußfolgerungen in Stichpunkten	113
8	Anhang	114
8.1	Adressen	114
8.2	verwendeter Fragebogen	117
8.3	Literatur- und Quellenangaben	118
8.4	Danksagung	122
8.5	Lebenslauf	123

1 Einleitung

Die Korrektur von Refraktionsstörungen mit Hilfe einer Brille oder einer Kontaktlinse beseitigt ein Mißverhältnis zwischen der Stärke der brechenden Medien und der Augapfellänge. Die Anpassung von vergrößernden Sehhilfen dagegen ist eine Rehabilitationsmaßnahme mit dem Ziel, bei irreversibler Sehverminderung wieder Lesefähigkeit zu vermitteln. Dies ist für junge Menschen in Schule und Beruf von ausschlaggebender Bedeutung. Älteren Menschen vermittelt Lesefähigkeit sinnvolle Betätigung und selbständige Lebensführung.

Der Sinn dieser Arbeit ist es, die unterschiedlichen Systeme, deren Funktion und Indikation zu diskutieren. Anschließend werden die Ergebnisse der von 1979 bis 1985 regelmäßig durchgeführte Verordnung vergrößernder Sehhilfen an der Universitäts-Augenklinik in München dargestellt und statistisch ausgewertet.

1.1 Zusammenfassung

Einfache Lupenbrillen, besonders der verstärkte Nahzusatz, sind preiswert, einfach zu handhaben und für ältere, sehbehinderte Menschen oft das geeignetste Hilfsmittel. Nachteile von frei gehaltenen oder befestigten Lupen sind das kleine Gesichtsfeld und die geringe Vergrößerung. Zusammengesetzte Fernrohr-Lupensysteme erlauben höhere Vergrößerungen, insbesondere die Prismenlupenbrillen nach Kepler'scher Bauart, die sich gegenüber den Galileisystemen durch optisch bessere Qualitäten auszeichnen. Geringe Schrägfentiefe, genaue Abstandseinhaltung und Gewicht müssen in Kauf genommen werden. Prismensysteme sind daher in erster Linie für Schüler und Studenten geeignet. Teleskopokulare gestatten eine kurzzeitige, vergrößerte Wahrnehmung von Informationen in unterschiedlichen Entfernungen. Elektronische Lesegeräte stellen ein optimales Hilfsmittel für den hochgradig Sehbehinderten dar, wenn er mit der Handhabung des Gerätes zurecht kommt. Bei allen Systemen ist eine eingehende Instruktion mit Erklärung der Nachteile und der Begleithilfsmittel unentbehrlich.

Anhand der zur Verfügung stehenden Daten wurden 425 sehbehinderte Patienten unter augenärztlichen und sozialen Gesichtspunkten retrospektiv analysiert und die Patienten über den Erfolg mit ihrer Sehhilfe befragt. Die meisten Patienten waren älter als 60 Jahre. Als Ursache ihrer Sehbehinderung stand die trockene Maculadegeneration an erster Stelle. Insgesamt konnte einem Großteil der Patienten zumindest vorübergehend zu einer Verbesserung ihrer Lesefähigkeit verholfen werden. Als größtes Problem stellte sich eine zugenommene Sehverschlechterung dar. Andere Schwierigkeiten traten hauptsächlich bei älteren Patienten auf. Jüngere Patienten benutzen ihre Sehhilfe häufiger. Ansonsten erfüllten einfache Systeme mit geringer Vergrößerung ihren Zweck am ehesten. Daher empfiehlt es sich, bei jedem interessierten, älteren Patienten einen verstärkten Nahzusatz auszuprobieren. Bei jüngeren Patienten kann man an ein zusammengesetztes System denken. Sie sollten auch auf schulische und berufliche Rehabilitationsmaßnahmen hingewiesen werden. Regelmäßige Kontrollen des Sehvermögens sind wegen häufiger Verschlechterung in jedem Fall anzustreben.

1.2 Nutzung vergrößernder Sehhilfen durch den Augenarzt

Die Möglichkeit, dem sehbehinderten Patienten optische und andere Hilfsmittel vorzuschlagen, wird von wenigen Ärzten genutzt.

Tabelle 1 zeigt die Zahlen der Patienten, die von 1979 bis 6/1985 an einen Münchener Augentoptiker überwiesen wurden, der sich speziell mit diesem Problem befasst und den größten Anteil an der Anpassung dieser Sehhilfen im Münchener Raum haben dürfte.

	Patientenzahl		
	absolut	relativ	pro Augenarzt
Universitäts-Augenklinik	266	46 %	
Privat-Augenklinik	64	11 %	
79 niedergelassene Augenärzte	176	31 %	2,2
davon :			
Augenarzt A	16	3 %	
Augenarzt B	13	2 %	
Augenarzt C	10	2 %	
übrige 76 Augenärzte	137	24 %	1,8
unklar	31	5 %	
Patienten, die direkt zum Optiker gingen	39	7 %	
Gesamt	576	100 %	

Tabelle 1 : Überweisungen von Sehhilfe-Patienten an einen Münchener Augentoptiker von 1979 - 6/1985
(erarbeitet aus (124))

57 % der Patienten wurden von der Universitäts- und einer privaten Augenklinik geschickt, 31 % von niedergelassenen Kollegen. Durchschnittlich wurden in sechs Jahren nur 2,2 Patienten pro Augenarzt überwiesen. Von 76 der 79 Ärzte kamen in diesen sechs Jahren durchschnittlich nur 1,8 Patienten.

2 Definitionen der Sehbehinderung

Unter "Sehschädigung" wird eine Beeinträchtigung der Sehfunktion nach bestmöglicher Korrektur verstanden. Als "sehbehindert" gilt, wer trotz Korrektur eine normale Sehfunktion nicht erreicht. Dabei wird zwischen "sehbehindert" und "hochgradig sehbehindert" unterschieden. Der Begriff "wesentlich sehbehindert" umfaßt die beiden Gruppen (76). Die Bezeichnung "schwachsichtig" sollte nicht mehr benutzt werden (98,25).

Als "sehbehindert" gelten Patienten, "bei denen mit Gläserkorrektur ohne optische Hilfsmittel auf dem besseren Auge oder beidäugig im Nahbereich bei einem Abstand von mindestens 30 cm oder im Fernbereich eine Sehschärfe von nicht mehr als 0.3" oder erhebliche Gesichtsfeldeinschränkungen bestehen (24;94;96).

"Hochgradig sehbehindert" ist, "wer sich zwar in einer ihm nicht vertrauten Umgebung trotz seiner Sehbehinderung ohne Führung und ohne besondere Hilfe noch ausreichend bewegen kann, dessen Sehschärfe aber wirtschaftlich nicht verwertbar ist (im allgemeinen Sehschärfe auf dem besseren Auge von nicht mehr als 1/20)" (23).

Zusammengefaßt:

I Sehbehindert

1. Auge 0.3 bis 0.05 2. Auge 0.3 und weniger

II Hochgradig sehbehindert

1. Auge 0.05 bis 0.02 2. Auge 0.05 und weniger

Für die Beurteilung einer Sehschädigung ist die ausschließliche Definition nach dem Fernvisus eine irreführende Vereinfachung, z. B. bei hoher Myopie oder Gesichtsfeldeinschränkungen. In die gesetzlichen Bestimmungen gehen Nahsehvermögen, Gesichtsfeld, Licht- und Farbensinn nur insofern mit ein, als sie unter "andersartige Sehschädigung vom gleichen Schweregrad, die einer Einschränkung des Fernvisus entsprechen", fallen.

Die Grundlage zur Beurteilung der Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) bei einer Herabsetzung des Sehvermögens bildet die "Rententabelle" der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) (33,34ff;76). Sie wird durch Vorschriften im Bundesversorgungsgesetz ergänzt, die auf Einzelheiten wie Aphakie, Muskelparesen und anderes eingehen (25).



Die Ursachen der "wesentlichen Sehbehinderung" sind im nächsten Punkt dargestellt.

3 Ursachen der Sehbehinderung, Therapie und Sehhilfen

Der erste Schritt vor der Verordnung einer vergrößernden Sehhilfe ist die Klärung der Ursache. Sie ist mitentscheidend für den Erfolg (98,25). Dabei muß festgestellt werden, ob eine Progredienz vorliegt. In diesem Falle sollte mit der Anpassung eines teuren Hilfsmittels abgewartet werden (97,111).

3.1 Transparenzverluste der brechenden Medien

Trübungen oder Irregularitäten von Hornhaut bzw. Linse stören den Brechungsvorgang. Ein diffuses (Milchglaseffekt) oder verzerrtes Bild wird auf der Netzhaut abgebildet. Besonders im Gegenlicht stören Kontrastminderung und Blendung.

Wo möglich, sollten operative Maßnahmen wie Linsenentfernung bzw. Keratoplastik angestrebt werden (73,2367f). Bei der häufigen Kombination von Cataract und Maculadegeneration (s. u.) lohnt manchmal eine Cataractextraktion, um die Restfunktion der Macula dann mit vergrößernden Hilfsmitteln zu nutzen (10,982).

Bei Transparenzverlusten bringen vergrößernde Sehhilfen oft keinen Erfolg, da die Fehler mitvergrößert werden (58,22;98,25). Trübungen der Cornea können die Effizienz einer Vergrößerung entscheidend mindern (73,2367).

Lichtabsorbierende Gläser reduzieren Blendungserscheinungen, die besonders bei Trübungen in der Linsenrinde oder Wasserspalten auftreten (4,6). Durch Verringerung der Lichtmenge erweitert sich die Pupille, so daß bei einer zentralen Cataract durch Ausnutzung der Randbereiche der Linse eine bessere Abbildungsqualität möglich ist. Manchmal kann auch ein therapeutisches Mydriatikum eingesetzt werden.

3.2 Schädigung der zentralen Netzhaut

Das zentrale Sehvermögen ist eingeschränkt. Häufig bestehen Farbsinnstörungen, da das photopische System betroffen ist. Netzhautperipherie und Dunkeladaptation sind meist intakt, das Orientierungsvermögen in der Regel erhalten. Charakteristisch für Maculadegenerationen ist das Auftreten von Metamorphopsien.

Die Folge des Zentralskotoms ist eine Einschränkung bzw. der Verlust der Lesefähigkeit (s. S. 14). Wenn noch ein Funktionsrest vorhanden ist, aber ein ausgedehntes Ringskotom vorliegt (z. B. bei juveniler Maculadegeneration), ist ein flüssiges Lesen ebenfalls nicht möglich (3,599;98,27).

Krankheitsbilder:

- die verschiedenen Formen der Maculadegeneration,
- die Retinopathia diabetica,
- zentrale, myope Fundusveränderungen,
- hereditäre oder erworbene Optikusatrophie,
- tapetoretinale Erkrankungsformen, die das Netzhautzentrum betreffen,
- angeborene Defekte, wie Zapfendystrophie oder Achromatopsie,
- Zustände nach abgelaufenen, zentralen Chorioretinitiden,
- Defektheilung nach rezidivierender Neuritis, und
- partielle Verschlüßleiden wie Venenastthrombose.

Eine funktionelle Schädigung liegt vor bei der

- Amblyopie..

Degenerative Veränderungen der Netzhaut bleiben irreversibel. Vasoaktiva sind an organisch beeinträchtigten Netzhaut-Aderhaut-Gefäßen nicht oder kaum wirksam. Kortikoide oder Vitamine versprechen keine nachweisbare Besserung (85,197). Ebenso sind die Therapiemöglichkeiten bei der Retinopathia diabetica und bei Gefäßverschlüssen begrenzt (77,1f). Eine Laserkoagulation kann lediglich einer Gefäßproliferation mit Blutungen, Segelbildung und Traktionsablatio vorbeugen. Bei der feuchten Maculadegeneration wird in wenigen Fällen eine Laserkoagulation durchgeführt, als Versuch, eine (parazentrale) Restfunktion zu erhalten.

Vergrößernde Sehhilfen werden bei Schädigungen der zentralen Netzhaut

mit Erfolg eingesetzt. Maculadegenerationen sind die häufigste Indikation für diese Hilfsmittel (4,16). Bei Ödem- oder Faltenbildung im Maculabereich ist der Effekt weniger günstig (3,600).

Das Krankheitsbild der Achromatopsie ist, neben der Farbenblindheit, durch reduzierte Sehschärfe (ca. 0.1 bis 0.2), Nystagmus und Nyktalopie mit starker Blendungsempfindlichkeit gekennzeichnet.

Auch hier können vergrößernde Sehhilfen mit Erfolg eingesetzt werden. Zur Verminderung der Blendungsempfindlichkeit bieten sich lichtabsorbierende Brillengläser (Rotfilter) an (122,380f).

Eine besondere Stellung nimmt die Amblyopie ein, die nicht durch eine Netzhautschädigung, sondern eine funktionelle Sehschwäche gekennzeichnet ist (98,25). Das amblyope Auge wird für den Betroffenen dann wichtig, wenn das Führungsauge einen Schaden erleidet. Dieses muß vollständig okkludiert werden, dann ist eine teilweise Verbesserung des Amblyopieauges zu erwarten (92a). Unter Umständen müssen unverhältnismäßig hohe Vergrößerungen gewählt werden (3,600).

3.3 Schädigungen der peripheren Netzhaut

Einige Netzhautdegenerationsformen vom tapetoretinalen Typ:

- die Retinopathia pigmentosa,
- die Retinopathia punctata albescens,
- die Chorioideremie,
- und Formen des fortgeschrittenen Glaukoms

sind durch zunehmende Gesichtsfeldeinschränkungen bis zum "Röhrengesichtsfeld" gekennzeichnet. Im weiteren Verlauf verfällt auch die zentrale Sehschärfe. Typisch für die Retinopathia pigmentosa ist als subjektiv erstes Anzeichen die Nyktalopie als Ausdruck für eine primäre Schädigung des skotopischen Sehens. Die Funktionseinschränkung beim Glaukom beginnt mit einer Vergrößerung des blinden Fleckes, die vom Patienten meist nicht bemerkt wird.

Die Verhältnisse einer peripheren Netzhautschädigung liegen umgekehrt wie bei den Maculopathien: Die **Orientierungsfähigkeit** ist zunehmend eingeschränkt, die zentrale Sehschärfe wenig beeinträchtigt.

Auch bei dieser Gruppe von Erkrankungen sind die therapeutischen Möglichkeiten gering, abgesehen von drucksenkenden Maßnahmen beim Glaukom. Lichtschutzbrillen zur Abfilterung kurzwelliger Spektralanteile sind ein Versuch, die Pigmentdegeneration bei der Retinopathia pigmentosa zu verzögern.

Eine Vergrößerung ist bei konzentrischer Gesichtsfeldeinschränkung sinnlos, da der wahrgenommene Textausschnitt noch kleiner wird (5,143). Weitwinkelfernrohrbrillen stellen einen Versuch dar, die Orientierungsfähigkeit zu verbessern. Sie bilden ein größeres Gesichtsfeld auf dem noch funktionsfähigen, zentralen Netzhautbereich ab mit dem Nachteil einer Bildverkleinerung. Eine Indikation für diese Instrumente ist gegeben, wenn bei vollem Visus mehr als 80 % des Gesichtsfeldes geschädigt sind (59,302f). Beträgt das zentrale Sehvermögen nur noch 0.6 oder gar 0.2, ist ein Versuch bei einer Gesichtsfeldeinschränkung von 70 % bzw. 40 % sinnvoll. Sind nur 5 % des Gesichtsfeldes funktionsfähig, ist ein Erfolg kaum noch zu erwarten (59,302f). Eine Gesichtsfelderweiterung kann auf einfache Weise erreicht werden, indem man ein gewöhnliches Fernrohr umgekehrt vor das Auge hält.

Elektronische Nachtsichtgeräte mit Lichtverstärkung als Hilfe bei Hemeralopie und Stächendystrophie befinden sich noch in der Entwicklung. Die gegenwärtigen Versuchsgeräte wiegen ca. 1 kg (58,94f).

3.4 Nystagmus

Neben dem primären Nystagmus wird ein sekundärer Nystagmus beobachtet, wenn von Geburt an Defekte des Netzhautzentrums bestehen (83,288). Dieser tritt zusätzlich sehkraftvermindernd zu den sensorischen Schäden hinzu. Subjektiv werden keine Scheinbewegungen der Umweltdinge bemerkt.

Operative Verfahren mit beidseitiger, gleichsinniger Muskelverlagerung und ebenso **vergrößernde Sehhilfen** sind erfolgversprechend (90,21).

3.5 Schädigung der fortleitenden Strukturen

Proximal der Netzhaut lokalisierte Schädigungen können mit verschiedenartigen Gesichtsfeldausfällen einhergehen. Die zentrale Sehschärfe ist unterschiedlich und je nach Erkrankungsstadium reduziert. Ursachen sind Tumoren, Traumen oder Infarkte. Als weiterer, zentraler Defekt ist die Rindenblindheit zu nennen.

Therapeutische Möglichkeiten bei erworbenen Schäden bietet die Neurochirurgie mit unterschiedlichen Erfolgen.

Für die homonyme Hemianopsie werden Spiegelbrillen zur Orientierungsverbesserung angeboten. Dabei wird mit Hilfe von zwei Spiegeln an einem Auge die fehlende Gesichtsfeldhälfte zur Abbildung gebracht. Schon 1918 wurde von Igersheimer in Frankfurt eine solche Brille vorgeschlagen und von Zeiss, Jena, gebaut (39,153f).

Abb. 1 zeigt die Funktionsweise einer Hemianopsiebrille.

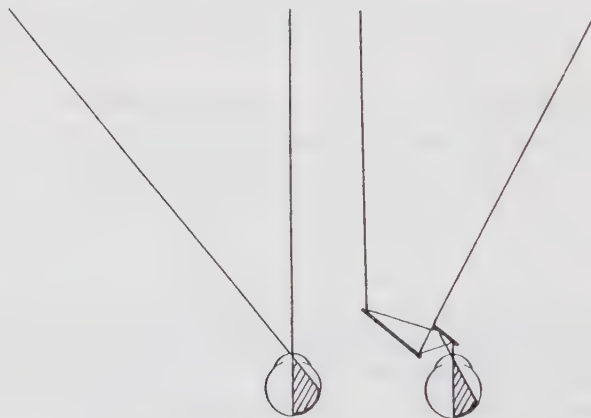


Abb. 1 Hemianopsiebrille (modifiziert nach (101))

Manche Patienten nehmen diese Brillen überhaupt nicht an und lehnen ihre Anwendung ab. Andere empfinden sie als Hilfe und gewöhnen sich

schnell daran (101,181). Ein Versuch sollte unternommen werden. Es wird als zweckmäßig angegeben, das Spiegelsystem vor demjenigen Auge anzubringen, an dem das temporale Gesichtsfeld ausgefallen ist und dieses anstelle der nasalen auf der temporalen Netzhauthälfte einzuspiegeln.

Tabelle 2 faßt das Gesagte in einem kurzen Überblick zusammen:

Schädigung	Sinnvolle Hilfen
- Medientrübungen oder erhöhte Blendungsempfindlichkeit (Albinismus, Achromatopsie) - Schädigung der zentralen Netzhaut mit erhaltener Funktion der paramacularen Bereiche - Schädigung der peripheren Netzhaut mit erheblicher Gesichtsfeldeinschränkung und ausreichendem Visus - Stäbchendystrophie und Hemeralopie - Nystagmus - seitengleiche Gesichtsfeldausfälle	- lichtabsorbierende Gläser, Lichtregler (Dimmer, s.u.), operative Maßnahmen, falls nicht möglich: Versuch mit <u>vergrößernden Sehhilfen</u> - <u>vergrößernde Sehhilfen</u>, Großdrucktexte - Versuch mit Weitwinkel-fernrohrbrillen - Nachtsichtgeräte - <u>vergrößernde Sehhilfen</u>, operative Maßnahmen - Spiegelbrillen

3.6 Verteilung der Ursachen in Bezug auf das Lebensalter

Die Verteilung der Ursachen für eine Einschränkung des Sehvermögens hat sich gewandelt. Manche Krankheiten mit früher schlechter Prognose können heute therapiert werden. Zum Beispiel stand um 1900 die Hornhautentzündung an erster Stelle der schweren Sehschädigungen (74).

Die wichtigsten kindlichen Ursachen sind angeborene Leiden: hereditäre degenerative Netzhauterkrankungen, Mißbildungen und Optikusatrophie. Zahlen sind auf S. 88ff aufgeführt.

Bei Erwachsenen kommen immer mehr Alterserkrankungen dazu. Die Lebenserwartung ist höher geworden *.

In der Altersgruppe der erwerbstätigen Erwachsenen spielen die Retinopathia diabetica, hohe Myopie und die Optikusatrophie eine Rolle, außerdem tapetoretinale Degenerationen und Unfälle (22,140).

Die senile Maculadegeneration ist die häufigste Ursache im höheren Erwachsenenalter (5,20). Sie ist gleichzeitig die wichtigste Indikation für vergrößernde Sehhilfen (4,16).

In anderen Ländern sieht die Verteilung anders aus. In nordischen Gebieten spielen tapetoretinale Degenerationen eine große Rolle. Auch Glaukom und Unfall werden in manchen Ländern als häufige Ursachen aufgeführt (91,279;19).

3.7 Bemerkungen zur Prophylaxe von Sehschädigungen

Vorsorgliche Maßnahmen wie regelmäßige Augendruckkontrollen, Amblyopieprophylaxe oder Laserbehandlungen dienen dazu, Schädigungen des Auges zu verhüten. Da der sogenannte "psychische Unfall" (verminderte Sicherheitseinstellung, Sorglosigkeit, Ermüdung, etc.) im Unfallgeschehen mit durchschnittlich 80% an erster Stelle steht (21a), muß dem Unfall auch aus diesem Grund entgegengewirkt werden. Durch gesetzliche Bestimmungen konnte die Unfallverhütung bereits einige Erfolge verbuchen (87,245).

Weniger zur Prophylaxe von Schäden als zur Verbesserung der Berufsaussichten und der Lebensqualität dient die frühzeitige Erfassung von Sehbehinderungen bei Kindern (98,100). Bei einer Untersuchung von Grundschulkindern hatten 10 % auf einem Auge einen Visus von 0.5 und schlechter und 1 % 0.3 oder weniger auf dem besseren Auge (14)!

* Die Lebenserwartung eines 25 jährigen Mannes betrug 1880 35 Jahre, 1967 46 Jahre, bei einer gleichaltrigen Frau 36 bzw. 51 Jahre (35,147).

4 Lesefähigkeit

4.1 Physiologie des Lesens

Die Wiederherstellung der Lesefähigkeit stellt die wichtigste Aufgabe vergrößernder Sehhilfen dar.

Zum Lesen von Zeitungsdruck ist neben einer zentralen Sehschärfe von etwa 0.4 (58,23) ein intaktes Gesichtsfeld von 2 bis 4 Grad erforderlich (5,140). Dies entspricht einem Sehfeld von etwa 1,7 cm in 25 cm Lesentfernung. Größere Texte erfordern ein größeres Gesichtsfeld, kleinere einen höheren Visus.

Wenn dieser paramakuläre Gesichtsfeldbereich nicht vorhanden ist, hat die Anpassung vergrößernder Sehhilfen keinen Sinn. Für die Fernvisusprüfung, bei der jeweils nur ein Optotyp erkannt zu werden braucht, wird nur ein Bereich von 1/2 bis 1 Grad benötigt. Daher muß ein guter Visus nicht zwingend Lesefähigkeit bedeuten.

Ebenso ist zum Lesen mit einer Hand- oder Taschenlupe ein bestimmter Mindestlupendurchmesser erforderlich.

Über die Lesefähigkeit geben die Lesebewegungen Auskunft. Eine grafische Darstellung ermöglicht die Elektrookulografie oder das "Eye-trac-Gerät" (88;89). Auf der x - Achse wird fortlaufend die Zeit registriert, die y - Achse zeigt die Augenbewegungen an. Ein hoher y - Wert bedeutet eine Augenstellung nach rechts (Zeilenende). Es entsteht ein treppenförmiger Kurvenverlauf. Abgelesen werden können die Lese- geschwindigkeit, die Anzahl der "Leserucke", d. h. der Augenbewegungen in Textrichtung, und der Rückstellbewegungen.

4.2 Pathophysiologie des Lesens bei zentraler Netzhautschädigung

Die Hauptursache zentraler Funktionsverluste ist die (trockene) Maculadegeneration. Die Lesegeschwindigkeit ist vermindert, Leserucke und Rückstellbewegungen treten gehäuft auf (90,19f). Durch den Ausfall der Macula geht eine Kreisfläche von ca. 5 Grad verloren. Am Rande dieses Areals weist die umliegende, intakte Netzhaut eine Sehschärfe von ca. 0.3 auf, in einem Winkel von 10 Grad etwa 0.2 und in 20 Grad noch etwa 0.1 (123,37).

Damit ein betroffener Patient wieder lesen kann, ist neben einer entsprechenden Vergrößerung ein Anpassungsvorgang notwendig. Nach

einer Umlernphase fixiert der Patient nicht mehr mit der funktionslosen Macula, sondern mit einer parazentralen, noch gesunden Netzhautstelle (5,140f). Die Sehschärfe beträgt je nach Entfernung von der Fovea 0.1 bis 0.3. Der Fixationsort wird an beiden Augen gleichsinnig verlagert. Das Binokularsehen bleibt erhalten. Dadurch unterscheidet sich der Vorgang von der pathologischen Sensorikverlagerung bei einem Schielpatienten, der beim beidäugigen Sehakt nur mit einem Auge paramaculär fixiert. Der Sehbehinderte kann eine parazentrale Fixation jedoch nur dann erlernen, wenn der Fixationszwang fortgefallen, d. h., kein kleinster fovealer Fixationsrest mehr vorhanden ist (98,27).

Die Fixationsstelle verschiebt sich bei kleineren Skotomen beidseits nach links, bei größeren nach unten (3,77). Eine mögliche Erklärung könnte folgende Überlegung sein (41,591): Wenn man von einer Druckzeile abwechselnd die obere und die untere Hälfte abdeckt und zu lesen versucht, bemerkt man, daß ein Fehlen der unteren Buchstabenhälfte viel weniger stört. Entsprechend ist denkbar, daß der Patient dem unteren Zeilenrande folgt und die obere Buchstabenhälfte wahrnimmt (Abbildung unterhalb der Macula), während die für das Erkennen weniger wichtigen, unteren Anteile nicht gesehen werden. Daher wird die Empfehlung ausgesprochen, zum Erlernen des "neuen" Lesens bewußt auf die untere Zeilenhälfte oder darunter zu blicken, um die obere zu sehen (98,27). Warum sich die Fixationsstelle bei kleineren Skotomen nach links verschiebt, bleibt jedoch unklar. Möglicherweise hängt dies mit der Leserichtung zusammen.

Die Rezeptorendichte der neuen Fixationsstelle reicht zum Lesen erst dann aus, wenn die Vorlage vergrößert angeboten wird. Die erforderliche Vergrößerung richtet sich nach dem Auflösungsvermögen des parazentralen Areales. Je ausgedehnter das Skotom ist, d. h., je weiter exzentrisch der neue Fixationsort liegt, umso stärker muß der Lesetext vergrößert werden. Wenn kein funktionsfähiger und zusammenhängender, parazentraler Netzhautbereich mehr vorhanden ist, kann der Patient auch mit vergrößernden Hilfsmitteln nicht lesen.

Damit ein Patient mit Hemianopsie oder Quadrantenausfall lesen kann, darf der Gesichtsfelddefekt nicht bis an die Netzhautmitte heranreichen. Der Lesevorgang verläuft ungestört, wenn das Gesichtsfeld bis zu einem Bereich von 5 Grad vom Zentrum noch intakt ist. Ein größerer Ausfall verringert die Lesegeschwindigkeit (89,345f).

5 Maßnahmen und Hilfsmittel zur Verbesserung der Lesefähigkeit

5.1 Nicht vergrößernde Hilfen

Bei reduziertem zentralem Sehvermögen müssen vor einer Ordination vergrößernder Sehhilfen folgende Punkte beachtet werden:

- die optimal auskorrigierte **Refraktion**,
- der gleichbleibende, richtige **Abstand** mit bequemer **Körperhaltung**,
- eine gute **Beleuchtung** und ein möglichst großer **Kontrast** zwischen Schrift und Papier.

5.1.1 Refraktionsausgleich

Der Refraktionsausgleich ist die Voraussetzung einer jeden Sehhilfeverordnung. Wegen der durch den geringen Visus bedingten, unsicheren Angaben des Patienten empfiehlt sich eine objektive Refraktionsbestimmung (51,13). Dabei bietet die Skiaskopie Vorteile, besonders bei älteren Patienten mit miotischer Pupille und Linsentrübungen (37;41). In einer geringeren Prüfentfernung (z. B. 1 m, Addition von + 1 dpt.) fällt dem Patienten der anschließende subjektive Abgleich leichter (51,13). Eine andere Möglichkeit besteht in der Refraktionsbestimmung durch ein vorgeschaltetes, schwach vergrößerndes Fernrohr (78,38). Entscheidend für die Lesefähigkeit ist der Lesevisus.

In einigen Fällen kann die Überlegung, ob eine Brille oder eine Kontaktlinse (KL) verordnet wird, Vorteile erbringen:

- Bei höherer Ametropie bietet die KL weniger Verzeichnungsfehler (58,39f). Besonders bei einem zusätzlich vorliegenden Nystagmus zeigt sich die KL der Brille überlegen (26,39f).
- Die Korrektur mit einer Brille hat wegen des größeren Abstandes zur Cornea wesentlich mehr Einfluß auf die Netzhautbildgröße als der Ausgleich mit einer KL. Ein negatives Glas verschiebt die Hauptebene des gesamten brechenden Systems in das Auge hinein, so daß es zu einer Verkleinerung kommt (58,40f;52,98f). Bei einer Myopie von z. B. -5,0 dpt. verkleinert ein Brillenglas das Netzhautbild um 7%, eine KL dagegen nur um 1%. Höhermyope Patienten erreichten mit einer

KL einen um 0.1 bis 0.2 besseren Visus (58,79). Bei Hyperopie oder Aphakie entsteht mit einer Brille eine größere Abbildung als mit einer KL, jedoch ein kleineres Gesichtsfeld.

- Ein zylindrisches Brillenglas zum Ausgleich eines höheren Astigmatismus beeinflusst nicht nur die Schärfe, sondern in einer Ebene auch die Größe des Netzhautbildes. Ein Kreis wird als Ellipse abgebildet (101,20f). Eine (harte) KL vermeidet diesen optischen Fehler.
- Ein irregulärer Astigmatismus oder Keratokonus kann durch eine KL vorteilhaft ausgeglichen werden.

Allerdings muß der Patient manuell und geistig dazu in der Lage sein, trotz seiner Sehbehinderung mit den KL umgehen zu können. Wenn eine KL in Frage kommt, sollte sie hart und sauerstoffdurchlässig sein (26,35).

Höhere Anisometropien erfordern einen Aniseikonieausgleich, um eine binokulare Sehfunktion zu ermöglichen. Mischformen von Achsen- und Brechungsanisometropien und höhere Achsenanisometropien können mit einer Kombination von einseitiger KL und Brille oder Aniseikoniegläsern (s. S. 60) korrigiert werden (52,93ff). Der optische Ausgleich einer Aniseikonie kann mit Hilfe der Echografie objektiv bestimmt werden (45,853).

5.1.2 Abstand und Körperhaltung

Älteren Leuten fällt es schwer, bei ungewohnter Entfernung den richtigen Abstand einzuhalten, um in der Schärfenebene zu bleiben. Wenn zittrige Hände den Text halten, wird der Lesevorgang zusätzlich erschwert.

Leseständer, Lesepulte oder spezielle Sehbehindertentische, die in Höhe und Neigung einstellbar sind, geben eine Hilfe. Die Zeilenauffindung kann z. B. mit Hilfe eines Pappstreifens erleichtert werden. Ein Magnetlineal kann das Lesegut auf der Tischplatte festhalten (s. Abb. 2). Wird ein Leseständer an einem von der Seite kommenden Arm befestigt, kann man eine Schreibmaschine bedienen (30,59).

Das Keeler LVA-System (s. u.) bietet für höhere Lupenbrillenvergrößerungen spezielle Abstandshalter, an die der Text direkt herangebracht wird, an. Sie sind fest an der Brille montiert. Nachteilig ist die ungewohnte, geringe Leseentfernung (s. Tabelle 3).

Eine bequeme Haltung des Patienten trägt dazu bei, daß er nicht sofort aufgibt. Er darf nicht in krummer Haltung mit um fast 90° gebeugter Wirbelsäule an einem flachen Tisch lesen. Schon für den Normalsichtigen ist eine schräge Tischplatte (16°) augenphysiologisch und orthopädisch sinnvoll (68). Je geringer der Leseabstand ist, um so stärker sollte die Neigung der Leseunterlage sein.



Abb. 2 Sehbehindertentisch der Firma Leuthäuser mit Magnetlineal

5.1.3 Kontrast und Beleuchtung

Je größer der Kontrast zwischen Druck und Papier, desto besser ist die Lesefähigkeit. Er ist abhängig von der Beleuchtungsstärke. Vermehrter Lichteinfall hellt das Papier durch verstärkte Lichtreflektion auf, während der Druck, sofern er nicht glänzt, das Licht absorbiert. Der Kontrast steigt. Oft verringert sich die zum Lesen erforderliche Vergrößerung, wenn die Beleuchtung verbessert wird (30,57)!

Patienten mit seniler Maculadegeneration haben einen hohen Lichtbedarf (30,57). Die oft miotische Pupille älterer Menschen reduziert die eintretende Lichtmenge. Bei optischen vergrößernden Hilfen besonders Kepler'scher Bauart muß u. U. eine systembedingte Helligkeitsverminderung beachtet werden.

Ein guter Kontrast erfordert außerdem eine Papierfarbe mit hohem Reflektionsgrad und einen dunklen Druck, der nicht glänzt. Farbiges oder graues Papier kann zu einer Einschränkung der Lesefähigkeit führen, ebenso farbiger Textdruck. Den besten Kontrast liefert tief-schwarzer Druck auf weißem Papier.

Streulicht im Augeninnern mindert den Kontrast. Subjektiv wird dies als **Blendung** empfunden. Neben der Absolutblendung entsteht eine meist unbemerkte "Relativblendung" (65,21). Diese kann durch gleichförmige, starke Raumerhellung ohne "Lichtgefälle" entstehen, da eine Aufhellung der Netzhautperipherie durch hohe Ausleuchtung der Gesichtsfeldperipherie den Nutzeffekt einer Beleuchtung des makularen Gesichtsfeldes mindert (66,252). Dieses Problem trifft den in Räumen mit Leuchtstoffröhrenbändern arbeitenden, berufstätigen Sehbehinderten wie Normalsichtigen gleichermaßen. Punktförmige Lichtquellen sind vorzuziehen (64,777).

In keinem Fall darf Lampenlicht direkt ins Auge fallen. Ein starkes Streulicht mit Herabsetzung der Sehleistung entsteht vor allem bei Patienten mit Medientrübungen. Am einfachsten läßt sich eine Direktblendung durch eine Tischleuchte mit undurchsichtigem Schirm vermeiden, sofern dieser unter Augenhöhe eingestellt wird. Tischleuchten mit Blendrastern (s. Abb. 3) machen eine Direktblendung fast unmöglich.

Für Patienten mit Medientrübungen wird die Anwendung von Dimmern empfohlen, die eine stufenlose Variation der Lichtmenge ermöglichen (30,57). Auch durch Schwenken der Tischleuchte kann die Beleuchtungsstärke variiert werden.

Punktförmige Lichtquellen (Glühlampen) erzeugen durch gleichmäßiges Spektrum, günstigere Lichtfarbe, physiologischeren Schattenwurf etc. ein dem "Tageslicht im Raum" ähnlicheres Licht als Leuchtstofflampen, besonders solchen mit Kaltweißlicht (63;64;66). Leuchtstofflampenlicht kann Beschwerden seitens der Augen und Kopfschmerzen hervorrufen (64,775f;65). Auch ein Anstieg der Stresshormone im Blut wurde festgestellt (69). Iwanoff zeigte, daß durch das diskontinuierliche Bandenspektrum der Leuchtstofflampen und die chromatische Aberation der Augenlinse mehrere Scharfpunkte gleichzeitig entstehen, zwischen denen das Auge ständig hin und her akkommodiert (71,271ff). Leuchtstofflampen sollten daher nicht als einzige Lichtquelle verwendet werden.



Abb. 3 Tischleuchte der Firma Waldmann mit Blendrastern. Als

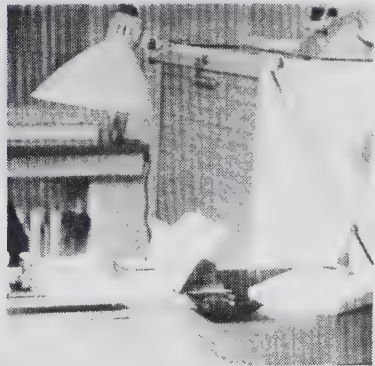


Abb. 4 Tischleuchte der Firma Kumewa (Schweiz)

Lichtquelle dient eine Kombination aus einer Leuchtstoffröhre und einer Glühlampe (2000 lux). Für weniger hohe Beleuchtungsstärken ohne die zusätzliche Leuchtstoffröhre kann man die variabel einstellbare Tischleuchte mit schwerem Fuß von der Schweizer Firma Kumewa (1000 lux) empfehlen (Abb.4).

Für den Sehbehinderten bewährt sich eine Position der (punktförmigen) Leuchte in Bezug auf den Lesenden von links oben, bei besserem rechten Auge entsprechend von rechts (65,80;30,57). Dazu eignen sich Stativ- oder Tischleuchten. Halogenleuchten sind zwar hell, neigen aber wegen der hohen Leuchtdichte und dem gebündelten Lichtstrahl zu Blendungen. Beste, blendfreie Beleuchtung wird erreicht durch gleichzeitige Schrägstellung des Schriftstückes (65,35).

Bei sehr geringem Leseabstand wird eine ausreichende Leuchtdichte oft durch nahes Heranbringen der Lichtquelle erreicht, deren Wärmeabstrahlung dann unangenehm sein kann. Leuchten mit einem hohen Reflektionsgrad der Lampenschirminnenseite verringern diesen Effekt (Abbildung 5).

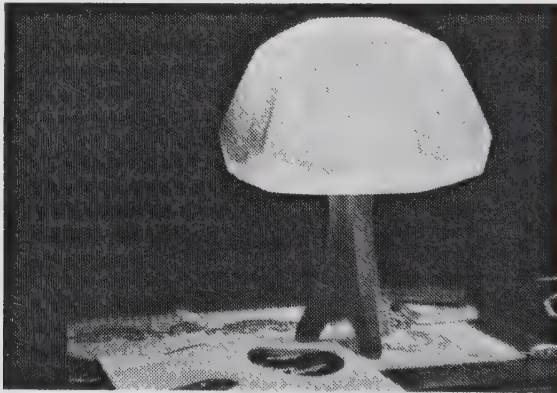


Abb. 5 Tischlampe der Firma Dörfler mit einem Schirm aus 4 mm Acrylglas. Oben befindet sich eine Öffnung, durch die entstandene Wärme entweicht.

Die Schärfentiefe nimmt mit zunehmender Vergrößerung ab (s. S. 29). Bei der Lupenvergrößerung wirkt die Augenpupille als Aperturblende, d. h., sie begrenzt die Randstrahlen, die für die Schärfentiefe verantwortlich sind. Eine durch ausreichende Beleuchtung enge Pupille erweitert daher den Schärfentiefebereich.

5.1.4 Weitere Hilfsmittel

Die im Handel erhältlichen Bücher mit Großdruck (s. Anhang) weisen gegenüber normalem Buchdruck etwa zweimal größere Buchstaben auf. Der weniger sehbehinderte Patient kann sie ohne technische Hilfsmittel lesen.

Einige Fotokopiergeräte können die Textvorlage vergrößert wiedergeben und in Schule und Beruf eine wirkungsvolle Hilfe sein.

Lichtabsorbierende Brillengläser und Kontaktlinsen reduzieren eine erhöhte Blendungsempfindlichkeit. Iriskontaktlinsen können bei Iriskolobomen oder -verlusten eingesetzt werden.

5.2 Optische, vergrößernde Sehhilfen

5.2.1 Lupe und Lupenbrille

Das einfachste, vergrößernde Hilfsmittel ist die Lupe, eine positive, konvex geformte Linse mit der Eigenschaft, parallel ankommende Strahlen zur Konvergenz abzulenken.

Beim Blick durch eine Lupe wird ein vergrößertes, "virtuelles" Bild sichtbar, das im Gegensatz zu einem "reellen" Bild nicht auf einer Mattscheibe aufgefangen werden kann.

5.2.1.1 Geschichtliche Bemerkungen

Im alten Griechenland, Phönizien und Assyrien existierten um 2000 v. Chr. geschliffene Halbkugeln und plankonvexe Quarz- und Glaslinsen. In den Ruinen von Ninive wurde eine Bergkristalllinse mit einer Brechkraft von +10.0 dpt. gefunden, ähnliche auch an mehreren Orten in den Mittelmehrländern aus jüngerer Zeit, bis etwa 100 n. Chr. Sie dienten jedoch nicht zum Vergrößern, sondern als Schmuckstücke, Knöpfe und dergleichen und waren daher teilweise mit Löchern und Metall- oder Lederbeschlagen versehen (114).

Wenn die alten Griechen auch die Brechungsgesetze nicht kannten, so doch die Reflektion von spiegelnden Materialien. Archimedes (287 - 212 v. Chr.) gilt als der Erfinder des Brennspiegels. Daß er damit römische Schiffe in Brand gesetzt habe, dürfte übertrieben sein (114). Aristophanes von Athen (450 - 385 v. Chr.)

erwähnt einen "schönen, durchsichtigen Stein, mit dem man Feuer macht", aber nicht seine vergrößernde Wirkung.

Der römische Schriftsteller Gaius Plinius berichtet von Kaiser Nero (37 - 68 n. Chr.), daß er die Gladiatorenkämpfe durch einen geschliffenen Smaragd betrachtete, jedoch weniger einer optischen Brechung wegen, sondern als Sonnenschutz.

Die Römer kannten zwar die vergrößernde Eigenschaft einer mit Wasser gefüllten Kugel (Plinius), die sie auf die Instabilität des Wassers zurückführten, nutzten sie jedoch nicht. Cicero (106 - 43 v. Chr.) berichtet, daß es kein Mittel gegen die Abnahme des Sehvermögens im Alter gebe, als sich von Sklaven vorlesen zu lassen (114,7ff).

Erst im 11. Jahrhundert n. Chr. beschrieb der Araber Ibn el Heitam (996 - 1038) die Möglichkeiten, dem Auge durch Unterstützung der Brechkraft mit Hilfe von geschliffenen Linsen ein besseres Sehvermögen zu verschaffen. 1240 wurde das Werk in das Lateinische übersetzt und konnte in den Klöstern des Abendlandes verbreitet werden. Mönche stellten die ersten Plankonvexlinsen her und nutzten ihre Vergrößerung. Diese bestanden aus Bergkristall oder Quarz und wurden als "Lesestein" bezeichnet. Wer zuerst die Arbeit des Ibn el Heitam praktisch aufgriff, ist ungeklärt.

Der englische Franziskanermönch Roger Bacon (1214 - 1294) erkannte die Bedeutung des Lesesteins als Sehhilfe, alten Personen wieder das Lesen zu ermöglichen und befaßte sich näher mit diesem Problem. Wenn er auch nicht der Erfinder der Lupe ist, so ist es trotzdem ihm zu verdanken, daß die Eigenschaft der Lupe als Sehhilfe gefunden wurde (114,12ff).

Gegen Ende des 13. Jahrhunderts wurden die geschliffenen Lesesteine in Murano bei Venedig als dem damaligen Zentrum der Glasindustrie mit einem Ring aus Eisen, Holz oder Horn umgeben. Da man ganz durchsichtiges Glas nur schwer herstellen konnte, nahm man Quarz, Bergkristall oder Halbedelsteine, sogenannte "Berillen". Daher stammt der Name der Brille (114,19), die sich in der Folgezeit entwickelte (53;54;56).

Die Firma Zeiss, insbesondere M. v. Rohr, baute Lupenbrillen zunächst für Berufe mit feiner Naharbeit schon um 1910. Nach 1945 kam auf die Initiative eines Augenarztes der Londoner Augenklinik Moorfield die Firma Keeler aus London (79), etwas später auch Zeiss mit neuen Systemen, speziell für Sehbehinderte, heraus. Eine Neuerung war die Verwendung von Kunststofflinsen zur Gewichtsreduktion. Seit kurzem besteht auch von der Firma Eschenbach ein Angebot an optischen Hilfsmitteln für Sehbehinderte. Heute bietet sich ein breites Sortiment an Lupenbrillen und anderen vergrößernden Sehhilfen.

5.2.1.2 Theorie der Lupenvergrößerung

Fallen Strahlen, die von einem Punkt eines Gegenstandes ausgehen, auf der Netzhaut wieder zusammen, so entsteht ein scharfes Bild. Die Aufgabe des brechenden Systems des Auges ist es, diesen Zustand herzustellen.

Die Netzhautbildgröße n des Gegenstandes y läßt sich berechnen aus dem Tangens des Seh winkels w und der Entfernung e von der Schärfenebene auf der Netzhaut zur Hauptebene des brechenden Apparates des Auges:

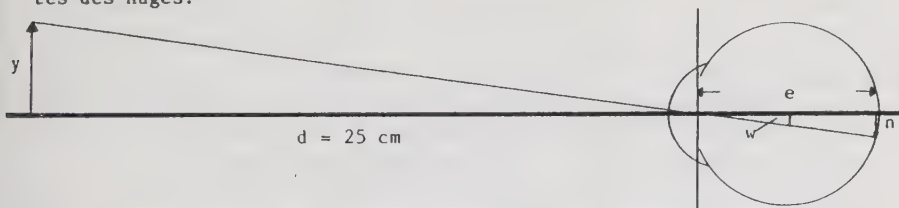


Abb. 6 Betrachtung eines Gegenstandes y in der Entfernung d (modifiziert nach (103,15))

Da sich die individuelle Bulbuslänge und damit die Entfernung e nicht ändert, ist die Netzhautbildgröße n proportional zum Tangens des Winkels w . Dieser wird als "scheinbare Größe" bezeichnet.

Betrachtet man den Gegenstand y durch eine positive Linse (zusätzlich zu einer evtl. erforderlichen Nahkorrektur), so entsteht (bei gleichem Akkommodationsaufwand unter verringertem Abstand) ein vergrößertes Bild.

Das "Verhältnis der scheinbaren Größen des durch ein optisches Instrument erzeugten Bildes zu der scheinbaren Größe des mit unbewaffnetem Auge beobachteten Gegenstandes" wird als Vergrößerung definiert (117,140).

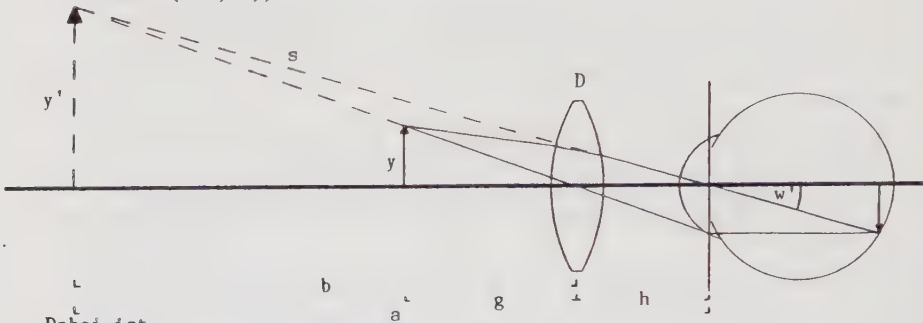
Diese errechnet sich aus dem Quotienten (s. Abb. 6 und 7)

$$V = \frac{\tan w'}{\tan w} \quad (-1-)$$

Abbildung 6 läßt erkennen:

$$\tan w = \frac{n}{e} = \frac{y}{d} \quad (-2-)$$

Abb. 7 zeigt den Strahlengang bei einer Lupe (modifiziert und vereinfacht nach (103,15)):



Dabei ist

y' das virtuelle Bild des Gegenstandes y in der Bildweite b ,

g die Gegenstandsweite, d. h. der Abstand vom Gegenstand zur Lupe,

h die Entfernung von der Lupe zum Auge,

a der Abstand zum virtuellen Bild (das Auge sieht dieses unter der Akkommodation $A = \frac{1}{a}$), und

D die Brechkraft der Lupe, sie ist definiert als $D = \frac{1}{f}$.

Alle Größen werden dabei in Metern (m) bzw. Dioptrien (dpt.) angegeben.

Der Abbildung ist zu entnehmen:

$$\tan w' = \frac{y'}{a} \quad (-3-)$$

Bei der Lupenvergrößerung bezieht man sich nach alter Konvention für den Abstand des Gegenstandes bei Betrachtung ohne Instrument auf die "deutliche Sehweite" von 25 cm (4,25) (DIN 58.383) (47).

Für die Vergrößerung ergibt sich also:

$$V = \frac{\tan w'}{\tan w} = \frac{y'}{a} : \frac{y}{0,25} = \frac{y'}{y} \cdot \frac{0,25}{a} \quad (-4-)$$

Der eingezeichnete Strahl s bildet mit der Gegenstandsweite g und y bzw. mit der Bildweite b und y' ähnliche Dreiecke. Für diese gilt nach dem Strahlensatz:

$$\frac{y'}{y} = \frac{b}{g} \quad (-5-)$$

Daraus wird im Folgenden eine Formel für die Lupenvergrößerung abgeleitet, die gegenüber anderen in der Literatur den Vorteil hat, daß für die Berechnung neben der Lupenbrechkraft nur die leicht meßbaren Abstände Lupe - Auge und Lupe - Gegenstand notwendig sind.

Die Abbildungsgleichung für Linsen lautet (34,246):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad (-6-)$$

Diese Formel gilt, wenn sich die Gegenstandsweite g auf der einen und die Bildweite b auf der anderen Seite der Linse befindet. Bei der Lupenvergrößerung liegt die Bildweite jedoch auf der Seite der Gegenstandes (s. Abb. 7). Daher muß b negativ gerechnet werden:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} - \frac{1}{b} \quad (-7-)$$

$$b = \frac{1}{1/g - 1/f} \quad (-8-)$$

Aus (-4-), (-5-) und (-8-) folgt:

$$V = \frac{1 \cdot (1/g - 1/f)}{g} \cdot \frac{0,25}{a} \quad (-9-)$$

Abbildung 7 läßt erkennen:

$$a = h + b \quad (-10-)$$

Es ergibt sich für die Vergrößerung:

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{(1/g - 1/f) \cdot g} \cdot \frac{0,25}{h + 1 : (1/g - 1/f)} \\ &= \frac{0,25}{(1 - g/f) \cdot (h + 1 : (1/g - 1/f))} \\ &= \frac{0,25}{h - g \cdot D \cdot h + (1 - g/f) : (1/g - 1/f)} \quad (-11-) \end{aligned}$$

$$\text{Da } \frac{1 - g/f}{1/g - 1/f} = \frac{gf/gf - g/f}{f/gf - g/gf} = \frac{(gf - gg) : gf}{(f - g) : gf} = g$$

errechnet sich aus (-11-) für die Vergrößerung:

$$V = \frac{0,25}{h + g - g \cdot h \cdot D} \quad (-12-)$$

Ebenso läßt sich eine Formel herleiten, die den Akkommodationsaufwand des Auges A bei Betrachtung des virtuellen Bildes im Abstand a berücksichtigt ($A = \frac{1}{a}$). A wird wie D in dpt. gemessen.

Aus (-9-) erhält man durch Umformen:

$$V = \frac{1}{1 - g \cdot D} \cdot \frac{A}{4} \quad (-13-)$$

Aus (-13-) kann man die erforderliche Akkommodation berechnen:

$$A = 4 \cdot V \cdot (1 - g \cdot D) \quad (-14-)$$

Ein Beispiel:

Beträgt die Gegenstandsweite $g = 10$ cm,
der Abstand Auge - Lupe $h = 20$ cm, und
die Brechkraft der Linse $D = 8,75$ dpt.,

so ergibt sich nach (-8-) und (-14-) :

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{0,25}{0,1 + 0,2 - (0,1 \cdot 0,2 \cdot 8,75)} = 2,0 \\ A_1 &= 4 \cdot 2 \cdot (1 - 0,1 \cdot 8,75) = + 1,0 \text{ dpt.} \end{aligned}$$

Ist die Gegenstandsweite g gleich der Brennweite f der Linse, d. h., befindet sich das betrachtete Objekt in der vorderen Brennebene der Lupe, so ergibt sich nach der Linsengleichung (-7-) :

$$\begin{aligned} \frac{1}{b} &= \frac{1}{g} - \frac{1}{f} = 0 \\ b &\rightarrow \infty \end{aligned}$$

Das virtuelle Bild liegt im Unendlichen. Daher ist der Akkommodationsaufwand gleich null.

Beispiel :

$$\begin{aligned} \text{Es sei} \quad g &= f = 10 \text{ cm,} \\ h &= 20 \text{ cm,} \\ D &= \frac{1}{f} = 10 \text{ dpt.} \end{aligned}$$

$$V_2 = \frac{0,25}{0,1 + 0,2 - (0,1 \cdot 0,2 \cdot 10)} = 2,5$$

$$A_2 = 4 \cdot 2,5 \cdot (1 - 0,1 \cdot 10) = 0 \text{ dpt.}$$

Da parallele Strahlen das Auge erreichen, spielt der Abstand h vom Auge zur Lupe für eine scharfe Abbildung keine Rolle. Nähert man die Lupe dem Auge, wird h immer kleiner und konvergiert gegen null.

Dann vereinfacht sich die Formel (-12-) wie folgt :

$$V = \frac{0,25}{g + 0 - g \cdot 0 \cdot D} = \frac{1}{g} \cdot 0,25 = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{4}$$

$$V = \frac{D}{4} \quad (-15-)$$

Dies ist die gängige Formel zur Berechnung der Vergrößerung einer Lupe. Sie gilt, wenn sich der betrachtete Gegenstand in der vorderen Brennebene befindet. In dieser Position ist keine Akkommodation erforderlich. Im angeführten Beispiel :

$$V_2 = \frac{10,0}{4} = 2,5$$

Setzt man für D eine Brechkraft von weniger als 4 dpt. ein, so ergibt sich eine Verkleinerung, da der Abstand vom Auge zum betrachteten Objekt größer als die Bezugsentfernung $d = 25 \text{ cm}$ ist. Wenn 4 dpt. an Eigenakkommodation aufgebracht werden, erhält man auch mit diesen Lupen eine Vergrößerung, die sich folgendermaßen errechnet (117,142):

$$V = \frac{D}{4} + 1 \quad (-16-)$$

Viele Lupenhersteller geben eine nach dieser Formel berechnete Vergrößerung an. Für einen presbyopen Patienten ohne Eigenakkommodation gibt jedoch die Beziehung (-15-) die Verhältnisse richtig wieder!

5.2.1.3 Einfluß von Positionsänderungen der Lupe auf die Vergrößerung und die erforderliche Eigenakkommodation

Es erschien mir interessant, die Beziehung zwischen der Gegenstandsweite g , dem Abstand h vom Auge zur Lupe nach Formel (-12-) und der Vergrößerung V in Abhängigkeit von der Brechkraft D grafisch darzustellen ($d = 25$ cm). Dies ist in Abbildung 8 geschehen. Abbildung 9 zeigt die notwendige Akkommodation nach Formel (-14-).

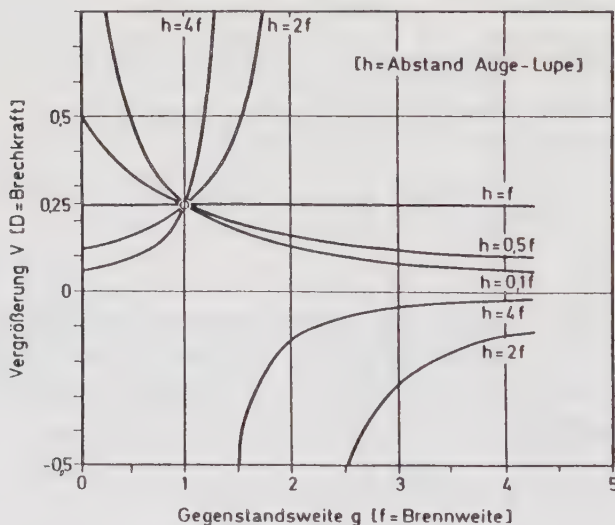


Abb. 8 Die Beziehungen von g , h und V (s. Text)

Aus den Darstellungen ist zu erkennen:

- Wenn g kleiner wird (d.h., der Gegenstand näher an die Lupe gerückt wird), und der Abstand der Lupe zum Auge h kleiner als die Brennweite f ist, steigt die Vergrößerung. Die erforderliche Akkommodation nimmt umso mehr zu, je näher sich das Auge an der Lupe befindet und je stärker deren Brechkraft ist. Dies erklärt die geringe Schärfentiefe bei kleinem Abstand und hohen Dioptrienzahlen. Befindet sich die Lupe in einer größeren Entfernung, nimmt die Vergrößerung bei Annäherung an das Objekt ab und die Akkommodation geringfügig zu.

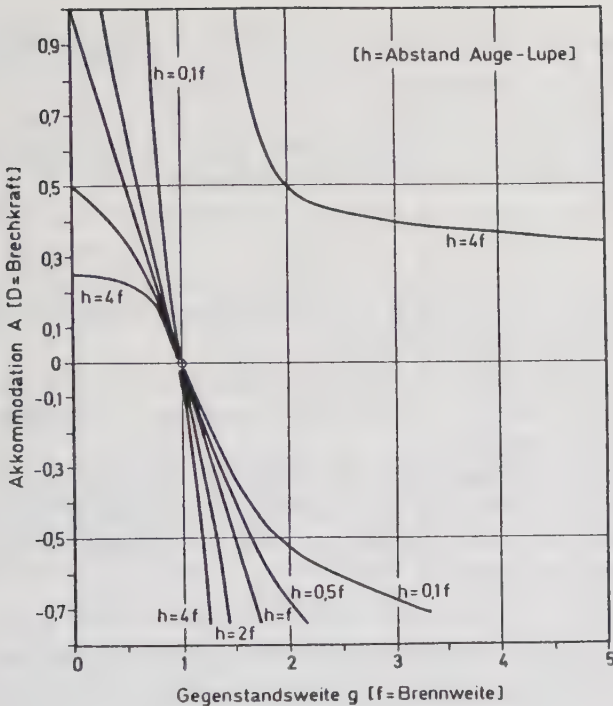


Abb. 9 Abhängigkeit von A , g und h

- Wenn $g = f$, dann gilt für alle h : $V = \frac{D}{4}$ (-15-). Es ist keine Akkommodation notwendig.
- Wenn g größer wird und h größer ist als f , steigt die Vergrößerung rasch an. Ein scharfes Bild ist nur solange möglich, wie die Akkommodation nicht negativ wird. Von einem bestimmten Abstand an entsteht ein umgekehrtes Bild, dessen Größe mit zunehmender Gegenstandsweite abnimmt (Beispiel: indirekte Ophthalmoskopie). Die positive Akkommodation wird geringer und bleibt dann fast konstant. Daher ist das indirekte Augenspiegeln im Alter nicht an einen genauen Abstand gebunden.
- Werden entfernte Gegenstände durch eine nah am Auge befindliche Lupe betrachtet, erscheinen sie zwar vergrößert, sind aber nicht scharf zu sehen, da das Auge nur geringfügig zur negativen Akkommodation fähig ist. Mit Hilfe einer vor das Auge gesetzten, zusätz-

liche Minuslinse kann eine scharfe, vergrößerte Abbildung erreicht werden (Brücke'sche Lupe, Galilei - Fernrohr, s. u.).

- Ist $h = f$, ergibt sich für jedes g : $V = \frac{D}{4}$. Diese rechnerische Beziehung hat keine praktische Bedeutung, da die erforderliche Akkommodation nicht aufgebracht werden kann.

Zusammengefaßt:

- Rückt man einen Gegenstand näher an eine Handlupe heran, wird das Bild kleiner unter Akkommodationsaufwand.
- Bringt man das Auge näher an die Lupe, vergrößert sich das Bild bei vermehrtem Akkommodationsaufwand, wenn sich der Text zwischen Brennebene und Lupe befindet.
- Bei Benutzung einer Lupenbrille kann man durch Akkommodation und weitere Annäherung an den Text eine stärkere Vergrößerung erzielen. Die Schärfentiefe ist jedoch gering und nimmt mit zunehmender Vergrößerung ab.
- Liegt der Gegenstand im Brennpunkt der Lupe, spielt die Entfernung des Auges weder für die Vergrößerung noch für die Schärfe eine Rolle. Eine Akkommodation ist nicht erforderlich (Situation für einen Presbyopen).

5.2.1.4 Einfluß der Lupenvergrößerung auf Abstand, Schärfentiefe und Gesichtsfeld

Der Abstand g vom Objekt zur Linse ist umgekehrt proportional zur Vergrößerung. Unter der Bedingung $A = 0$ ist $V = \frac{D}{4}$ und

$$g = f = \frac{1}{D} \quad (-17-)$$

Unter "Arbeitsabstand" bei Lupenbrillen wird die Entfernung vom Lese-
text zum Auge verstanden, also zusätzlich zur Gegenstandsweite g
die Distanz zwischen Auge und Linse h (hier etwa 15 mm); g wird
als "freier Arbeitsabstand" bezeichnet.

Die Schärfentiefe ist umgekehrt proportional zum Quadrat der Vergrößerung (8,1091):

$$S = k \cdot \frac{1}{V^2} \quad (-18-)$$

Die Konstante k ist abhängig von der Größe der Aperturblende, d. h. der Strahlenbegrenzung. Bei mittelweiter Pupille beträgt k etwa 0,13.

Das Sehfeld bei Handlupen ist abhängig vom Lupendurchmesser und der Entfernung zum Auge. Zum Lesen ist ein Gesichtsfeld von etwa 1,7 cm in 25 cm Leseentfernung erforderlich (s. S. 14). Die Lupe muß einen Minstdurchmesser aufweisen, damit das notwendige Sehfeld erreicht wird.

Die in Tabelle 3 angegebenen Werte für 20 cm Entfernung wurden empirisch ermittelt.

Um einen Eindruck über die Dicke der Lupen zu geben, ist der beidseitige Krümmungsradius symmetrisch bikonvexer Linsen mit einer Brechzahl des Linsenmaterials von $n = 1,52$ (übliches Brillen - Glas) aufgeführt, den man aus folgender Formel bestimmen kann (nach 103,34):

$$r = \frac{(n - 1)}{D} \cdot 2 \quad (-19-)$$

Das überschaubare Sehfeld bei Lupenbrillen ist größer als bei Handlupen, da sich das Glas direkt vor dem Auge befindet. Es kann nach der Faustformel abgeschätzt werden (nach (115,260), Durchmesser des Glases 2 cm):

$$\text{Gesichtsfelddurchmesser} = \frac{16 \text{ cm}}{V} \quad (-20-)$$

In Tabelle 3 sind diese Beziehungen für gängige Lupenvergrößerungen berechnet:

Vergrößerung	V	1,5	2	3	4	5	6	8	fach
Brechkraft	D	6	8	12	16	20	24	32	dpt.
freier Abstand	g	167	125	83	63	50	42	31	mm
Arbeitsabstand	ca.	180	140	100	80	65	60	45	mm
Schärfentiefe	S		30	14	8	5	4	2	mm
Mindest-Ø f. Handlupen		17	24	34	48	57	68	97	mm
Krümmungsradius	r	173	130	87	65	52	43	33	mm
Sehfeld einer Lupenbr.		107	80	53	40	32	27	20	mm

NB.: Die obere Grenze für eine Lupenvergrößerung liegt bei 14,5 fach. Dies entspricht der optischen Eigenleistung des menschlichen Auges mit durchschnittlich 58,64 dpt. Linsen mit stärkerer Brechkraft werden zu den einfachen Mikroskopen gerechnet. Diese unterscheiden sich von den Lupen durch eine unterschiedliche Strahlenbegrenzung: Während bei der Lupe das Gesichtsfeld durch die Linsenfassung begrenzt wird und die Augenpupille als die Helligkeit und die Schärfentiefe regelnde Aperturblende wirkt, grenzt beim einfachen Mikroskop die Pupille das Gesichtsfeld ab und die Fassung der Linse stellt die Aperturblende dar (103,25).

5.2.1.5 Folgerungen für Handlupen

Ein Presbyoper sieht scharf, wenn sich der Text in der Brennebene der Lupe befindet. Mit zunehmender Vergrößerung nimmt die Schärfentiefe rasch ab. Freihändig gehaltene Lupen sind daher nur zum kurzzeitigen Gebrauch geeignet, z. B. zum Entziffern von Preisschildern oder Fahrplänen. Standlupen haben den Vorteil eines festen Abstandes. Bei weiter Pupille ist der Schärfebereich durch die Randstrahlen gering. Gute Beleuchtung ist immer erforderlich. Bei älteren Menschen liegt häufig eine Miosis vor, so daß eine Standleuchtlupe sinnvoll sein kann (115,260).

Von der geringen Schärfentiefe abgesehen, wird das Lesen mit einer Handlupe höherer Vergrößerung auch durch die erforderlichen großen Ausmaße mit entsprechendem Gewicht und zunehmender Randunschärfe durch optische Fehler erschwert.

Beispiel: Eine Lupe mit 5 facher Vergrößerung und etwa 6 cm Durchmesser (s. Tabelle 3) weist eine Mittendicke von ungefähr 2 cm auf. *

5.2.1.6 Folgerungen für Lupenbrillen

Bei höheren Vergrößerungen kann sich ein Abstandshalter (s. o.) wegen der geringen Schärfentiefe als günstig erweisen.

* (Berechnung nach der geometrischen Formel für die Dicke von Kugelabschnitten, nach (34))

Der Vorteil der Lupenbrillen gegenüber Handlupen liegt in dem großen Sehfeld. Wegen des geringen Abstandes zum Auge ist nur ein kleiner Glasdurchmesser notwendig.

Beispiel: Bei 5 facher Vergrößerung mittels einer einfachen Lupenbrille und 2 cm Glasdurchmesser beträgt das Sehfeld etwa 3 cm und ist damit doppelt so groß wie bei einer Handlupe mit dem dreifachen Durchmesser. Die Mittendicke des Glases beträgt etwa 3,5 mm.

5.2.1.7 Wann gilt eine positive Linse als vergrößernde Sehhilfe ?

Ein positiv brechendes Glas wird als vergrößerndes Hilfsmittel bezeichnet, wenn die Brechkraft stärker ist, als es zum Presbyopieausgleich für Leseentfernung notwendig ist. Konventionsgemäß wird als Bezugsentfernung nicht der übliche Leseabstand von 30 bis 40 cm, sondern die "deutliche Sehweite" von 25 cm hergenommen (s. S. 26).

Hat die Linse eine Brechkraft von + 4,0 dpt., so errechnet sich nach (-15-) der Wert $V = 1$. Dies ist die Stärke, die ein Emmetroper ohne Akkommodationsrest zum Lesen in 25 cm Entfernung benötigt. Für einen Presbyopen Patienten mit einer Myopie z. B. von - 2,0 dpt. wird ein Brillenglas mit einer Stärke von + 4,0 dpt. bereits als verstärkter Nahzusatz bezeichnet (s. Punkt 5.2.2.1).

5.2.1.8 Berechnung der Lupenvergrößerung bei Ametropen

Die beiden einander äquivalenten Formeln zur Berechnung der Vergrößerung nach A. Kühl (103,17) und A. Brückner (41,594) berücksichtigen ametropen Patienten. A bedeutet hier die Refraktionsabweichung in Dioptrien:

$$V = \frac{D}{4} - \frac{A}{4} \cdot (1 - D \cdot h) \quad (-21-)$$

$$V = \frac{D - A \cdot (1 - h \cdot D)}{4} \quad (-22-)$$

Beispiel: Der oben angeführte, myope Patient erreicht mit dem Brillenglas der Stärke von + 4,0 dpt. eine Vergrößerung von ($h \approx$ etwa 15 mm)

$$V_{\text{myop}} = 1,5$$

und ein Emmetroper

$$V_{\text{emmetrop}} = 1,0$$

Ist der Abstand h größer als die Brennweite f (Handlupe), sieht der Myope ein kleineres Bild als der Normalsichtige.

Beispiel: $D = 8$ dpt.,

$$h = 20 \text{ cm.}$$

$$V_{\text{myop}} = 1,7$$

$$V_{\text{emmetrop}} = 2,0$$

- Die erzielte Vergrößerung einer Lupenbrille ist im Falle einer (unkorrigierten) Myopie höher bzw. einer Hyperopie geringer als bei einem emmetropen Auge. Eine Handlupe dagegen liefert dem Hyperopen eine größere und dem Myopen eine kleinere Abbildung.

Dabei befindet sich die Schärfenebene bei einem Myopen vor der Brennebene der Lupe, bei einem Hyperopen dahinter (103,18f).

5.2.1.9 Lupenarten

Die gebräuchlichste Form ist die Handlupe, sei es als Taschenlupe, deren Griff gleichzeitig als Gehäuse der Linse dient (Einschlaglupe), als Handlupe mit Stiel in runder oder rechteckiger Form, als Standlupe ohne und mit Beleuchtung (Leuchtlupe) oder als Visolettlupe. Meist wird vom Hersteller nicht die Brechkraft, sondern die Vergrößerung angegeben, und zwar bestimmt nach der Formel (-16-).

Handlupen werden mit zwei bis acht (Taschenlupen bis 15) facher Vergrößerung angeboten. Mit zunehmender Brechkraft nimmt die Sehfeldgröße ab, bis man nur noch einzelne Buchstaben erkennen kann. Freihändig gehaltene, kleine Lupen sind beliebt, da sie leicht mitzuführen sind. Sie bringen jedoch nur in wenigen Fällen bei höherer Sehminderung

einen Nutzen (115,262). Ein Tremor wird mitvergrößert, die Schärfentiefe ist gering und das Blickfeld klein. Eine Lupe mit großem Durchmesser wird wegen des höheren Gewichtes oft abgelehnt.

Linse mit bis zu zweifacher Vergrößerung und großem Fassungsdurchmesser werden als **Lesegläser** bezeichnet. Die Brechkraft wird in Dioptrien angegeben. Eine Sonderstellung nimmt das Chamblant'sche Leseglas ein (s. S. 36).

Der feste Abstand von **Standlupen** erleichtert die Führung und die Scharfeinstellung. Das Gewicht der Lupe spielt keine entscheidende Rolle. Ein großer Durchmesser wird eher akzeptiert.

Kleine Plexiglasstandlupen sind preisgünstig; das Blickfeld ist jedoch klein, und die Fassung reduziert den Lichteinfall. Sie eignen sich zum kurzfristigen Entziffern von Preisschildern, Telefonnummern etc.

Für alte Menschen mit miotischer Pupille können Standlupen mit eingebauter Beleuchtungseinrichtung hilfreich sein. Bis zu zehnfache Vergrößerungen werden angeboten. Der lästige Batteriewechsel wird durch einen Netzanschluß vermieden.

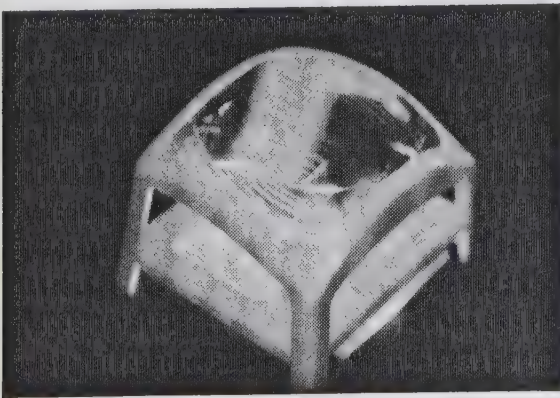


Abb. 10 Die Standlupe "Twin Lux" der Firma Schweizer Optik besteht aus zwei übereinander angeordneten Linsen mit zusammen 14,0 dpt. Brechkraft und einer integrierten Soffitenlampe als

Lichtquelle. Eine Helligkeitsregelung kann am Transformator des Netzanschlußteiles in sechs Stufen vorgenommen werden. Trotz der Schrägstellung der oberen Linse entsteht ein auch peripher nur wenig verzogenes Bild.

Die Stativlupe ermöglicht bei stabilem Abstand eine schattenfreie Beleuchtung. Die Höhe ist variabel und kann der Refraktion angepaßt werden.

Eine Variation der Stativlupe ist die als Stick- und Handarbeitslupe bekannte, preiswerte Arbeitslupe (Abb. 11). Sie vergrößert dreifach, hat einen Durchmesser von etwa 10 cm und kann durch zwei Scharniere ihres Gestells sowohl als Stiel- als auch als Standlupe benutzt werden. Wird der Bügel um den Hals gelegt, geben Nacken und Brustbein der in Höhe und Neigung variablen Lupe einen festen Halt. Die große Fassung ermöglicht beidäugiges Lesen und Handarbeiten.



Abb. 11 Handarbeitslupe



Abb. 12 Tischleuchtlupe
(holländisches Fabrikat)

Tischleuchtlupe sind an einem beweglichen Arm befestigt (Abb. 12). Der Text ist sehr gut ausgeleuchtet, das Blickfeld groß und ein binokulares Lesen möglich. Sie sind zu empfehlen, wenn eine zweifache Vergrößerung ausreicht und der Patient die Größe des Instrumentes akzeptiert. Der Einsatzbereich liegt neben vergrößertem Lesen bei manuellen Tätigkeiten wie Handarbeit, Zeichnen, etc.

Die Visiolettlupe nach Jaeckel stellt die bekannteste Aufsetzlupe dar. Sie wurde 1933 von den Sendlinger Optischen Glaswerken herausgebracht und ist eine interessante Erfindung. Sie besteht aus einem Glaszylinder mit aufgesetzter Halbkugelform und wird auf den Text gelegt. Die Höhe des Zylinders ist so berechnet, daß die plankonvexe Lupe unabhängig vom Krümmungsradius ein 1,8 fach vergrößertes Bild liefert. Durch Kondensorwirkung entsteht eine etwa doppelte Bildleuchtdichte wie bei einer normalen Lupe, wenn das Licht innerhalb eines Winkels von etwa 40 Grad zur Senkrechten einfällt (103,35ff;115,261). Nebenstehend sind Beleuchtungs- und Abbildungsstrahlengang einer solchen Lupe eingezeichnet. Das Bild entsteht kurz hinter der Textebene. Daher muß akkommodiert werden. Die Visiolettlupe ist deshalb besonders für sehbehinderte Schulkinder geeignet (12,276). Der Presbyope muß seine Lesebrille aufsetzen.

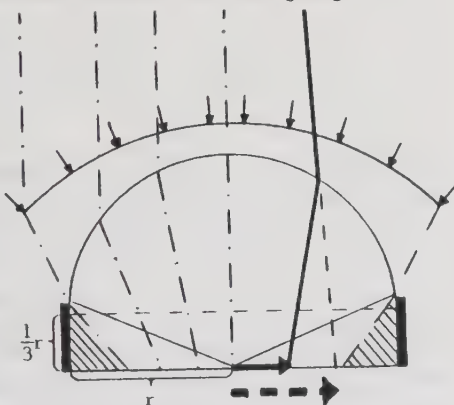


Abb. 13 Visiolettlupe
(nach (103,35))

steht kurz hinter der Textebene. Daher muß akkommodiert werden. Die Visiolettlupe ist deshalb besonders für sehbehinderte Schulkinder geeignet (12,276). Der Presbyope muß seine Lesebrille aufsetzen.

Eine besondere Form der Lupe stellt die Fresnel* - Linse dar. Sie besteht aus kleinen Linsenausschnitten (s. Abb. 14) und vergrößert 2 bis 2,5 fach. Wegen der geringen Dicke kann sie auch größer angefertigt werden. Die optische Qualität leidet etwas durch Farbenzerstreuung und Kontinuitätssprünge (58,59). Die Rillen liegen nicht in der Schärfeebene und werden nicht wahrgenommen.



Abb. 14 Querschnitt durch eine Fresnel Linse (nach (72))

Die Heidelberger Großflächen(fresnel)lupe vergrößert eine DIN A 4 - Fläche 2 bis 2,5 fach. Die Dicke beträgt maximal 10 mm. Die Abbildungsfehler sind klein, es treten nur geringe Randunschärfen auf (72,679f). Sie wird mit einer Beleuchtung an speziellen Sehbehinder-

* Augustin Jean Fresnel (1788 - 1827), französischer Physiker

tentischen (s. Abb. 2) montiert, an denen auch die entsprechende Schräge eingestellt werden kann. Die ungefaßte Leuchtfresnellupe im DIN A 5 - Format der Firma Schultze wird zusammen mit einem Lese- ständer benutzt. Durch das große, binokulare Blickfeld eignen sich diese Lupen besonders für manuelle Tätigkeiten. Zum Lesen ist bei der geringen Vergrößerung ein verstärkter Nahzusatz (s. u.) meist sinnvoller.

Ein Lupenvorhänger, der auf die eigene Lesebrille aufgesetzt wird, erlaubt ebenfalls Binokularsehen. Die beiden Linsen mit einer bis 2,75 fachen Vergrößerung befinden sich einige cm vor dem Brillenglas. Der Abstand zum Objekt (z. B. Insulinspritzen beim Diabetiker) ist daher größer als bei einer einfachen Lupenbrille (12,277).

Der preiswerte Lesestab ist ein linealförmiges Zylinderglas mit 1,5 facher, ausschließlich vertikaler Vergrößerung und dient in erster Linie der Zeilenauffindung. Das gestreckte Schriftbild kann die Lese- fähigkeit einschränken (12,276).

5.2.1.10 Lupen mit besonderer Abbildungsgüte

Aus zwei Teilen zusammengesetzte Lupen weisen geringere Bildfehler auf. Achromatische Lupen bestehen aus zwei Linsen unterschiedlichen Glasmaterials und beseitigen in erster Linie Farbfehler (chromatische Aberration), aplanatische sind aus zwei Plankonvexlinsen zusammenge- setzt, die sich mit der konvexen Fläche berühren, und weisen einen höheren Bildkontrast auf. Asphärische Lupen vermindern die sphärische Aberration.

Verwandt mit dem aplanatischen Glas ist das Chamblant - Leseglas (Bis zweifache Vergrößerung). Es besteht aus zwei mit den Zylinder- flächen in einem Winkel von 90 Grad zueinander gewandten Planzylin- derlinsen. Dadurch verbessert sich die Abbildungsgüte (101,162). Eine größere Bildqualität liefert jedoch das aplanatische Leseglas (103,30).

Die unter dem Namen "Weitwinkellupe" bekannte, zusammengesetzte Lupe wurde 1924 von dem Niederländer Albada angegeben und ist für ein grosses Gesichtsfeld verzeichnungsfrei (103,31).

Eine ideale, zusammengesetzte Bildlupe wurde 1903 von M. v. Rohr berechnet und von Carl Zeiss, Jena, unter der Bezeichnung "Verantlinse" hergestellt. Durch besondere Form und Anordnung zweier Linsen wurden sämtliche Abbildungsfehler beseitigt, so daß ein bis zum Rand scharfes, farben- und verzeichnungsfreies, helles Bild entsteht (103,31). Wegen ihrer Form und des relativ kleinen Bildausschnittes ist sie jedoch mehr als Instrumentenlupe geeignet und hat sich für den praktischen Gebrauch nicht durchgesetzt.

Derartige Qualitätsmerkmale sind jedoch nur bei stärkeren Vergrößerungen bedeutungsvoll (58,52). Außerdem reduziert die bei guter Beleuchtung enge Augenpupille die durch Randstrahlen verursachten optischen Fehler (103,25).

Die unten aufgeführten Lupenbrillen besitzen Linsen mit verbesserter Abbildungsgüte.

5.2.2 Einfache Lupenbrillen

Im ursprünglichen Sinne handelt es sich bei einer "Lupenbrille" um eine Brille mit einer einzigen Linse, deren positive Brechkraft zu einer vergrößerten Wirkung in einem verringerten Abstand führt. Etwas irreführend werden zusammengesetzte Systeme nach Galilei' oder Kepler'scher Bauart auch als "Lupenbrillen" bezeichnet. Es handelt sich jedoch um mehrlinsige Fernrohrsysteme, die durch Vorsatz einer Lupe für die Nähe modifiziert wurden (s. u.). Zur Unterscheidung wird von "einfachen" und "zusammengesetzten" Lupenbrillen gesprochen.

Der "verstärkte" oder "überhöhte Nahzusatz" zählt im weiteren Sinne zu den einfachen Lupenbrillen. Einfache Lupenbrillen im engeren Sinne bestehen aus Kunststoffkonvexlinsen und zeichnen sich gegenüber dem verstärkten Nahzusatz durch eine verbesserte, optische Abbildungsqualität aus (97,111).

5.2.2.1 Verstärkter Nahzusatz

Eine gewöhnliche Lesebrille ersetzt die verlorengegangene Akkommodationsfähigkeit und weist zusätzlich zur individuellen Refraktion eine Brechkraft von maximal 3,0 dpt. für eine Leseentfernung von 33 cm auf. Bei einer weiteren, positiven Verstärkung der Brechkraft spricht man von einem "verstärkten" oder "überhöhten Nahzusatz". Der überhöhte Nahzusatz ist ein vorteilhaftes Hilfsmittel für einen weniger stark sehbehinderten Patienten (85,33). Er ist preiswert, einfach zu handhaben und unterscheidet sich äußerlich wenig von einer gewohnten Lesebrille, besonders, wenn er bei Emmetropie als Halbbrille verordnet wird (26,47). Ein ständig exakt zentrischer Sitz spielt keine so erhebliche Rolle wie bei zusammengesetzten Lupenbrillen. Außerdem entfallen die Wartezeiten bis zur Genehmigung der Sehhilfe.

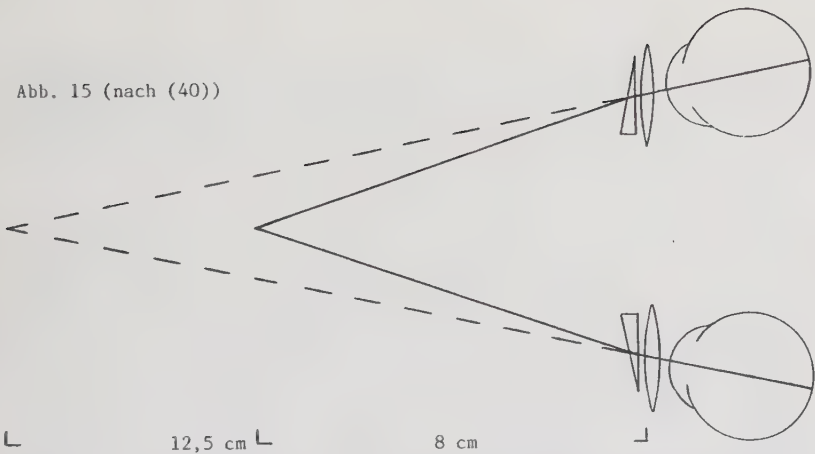
5.2.2.2 Binokularer Gebrauch

Beträgt der Unterschied in der erforderlichen Vergrößerung zwischen beiden Augen nicht mehr als ein bis zwei Vergrößerungsstufen, ist eine beidäugige Verordnung sinnvoll (31,14). Dies ist bei 15 % (31,14) bis 40 % der Patienten (7,90) der Fall. Eine binokulare Vergrößerung hat folgende Vorteile:

- Die monokulare Sehleistung läßt sich durch Benutzung auch des zweiten Auges häufig verbessern. Dieses sieht trotz schlechterem Visus oftmals mit parafoveolären Arealen noch relativ gut.
- Es entsteht eine Überlagerung der Gesichtsfelder mit gegenseitiger Ergänzung.
- Die Stereopsis erleichtert manuelles Arbeiten und das Einhalten des richtigen Arbeitsabstandes.
- Beide Augen zusammen erfassen eine größere Lichtmenge (insbesondere bei Maculadegenerationen oder schwacher Beleuchtung).

Ein binokularer, verstärkter Nahzusatz ist jedoch auf eine maximal zweifache Vergrößerung begrenzt (Abstand etwa 13 cm bei + 8,0 dpt. Brechkraft) (12,277). Stärkere Gläser führen zu einer Überforderung der Konvergenz. Bei jüngeren Patienten kann eine ungleiche Beanspruchung von Konvergenz und Akkommodation zu asthenopischen Beschwerden führen. Bei Vorliegen einer Amblyopie und einer sekundären Sehverminderung des besseren Auges ist eine binokulare Nutzung kontraindiziert (s. S. 6). Das ehemals gute Auge muß vollständig okkludiert werden.

Abb. 15 (nach (40))



Mit Hilfe von Prismen (bis beidseits 10 pdpt. Basis innen (40)) kann der binokulare Mindestabstand auf etwa 8 cm verkleinert und eine maximal dreifache Vergrößerung erreicht werden (s. Abb. 15) *.

Die "Prismenkeilbrille" der Firma Eschenbach besteht aus Plexiglas und besitzt eine Brechkraft von + 2,5 dpt. und 4,0 pdpt. beidseits. Ein zusätzlicher, vergrößernder Effekt durch die Prismen beruht auf dem Phänomen der Makropsie: Je nach Akkommodations- oder Konvergenzanreiz entsteht eine subjektive Vorstellung von der Entfernung des betrachteten Gegenstandes. Ein fernes Objekt erscheint dabei größer als in der Nähe bei gleichem Sehwinkel. Mit einem positiven, sphärischen Vorsatz und der Zugabe von Prismen (Akkommodation und Konvergenz entsprechen einer größeren Entfernung) wird eine subjektive Vergrößerung erreicht (93,540).

Die Vorteile einfacher Lupenbrillen (bzw. des verstärkten Nahzusatzes) gegenüber zusammengesetzten (System-) Lupenbrillen mit höherer, beidäugiger Vergrößerung (s. u.) sind:

- das Gesichtsfeld ist größer,
- durch den geringeren Abstand erscheint der vergrößerte Lesetext ruhiger,
- die Orientierung auf dem Text ist daher einfacher als bei Systemen mit einem größeren Arbeitsabstand.

* NB.: Lupenbrillen mit Prismen sind nicht mit den "Prismenlupenbrillen" (s. u.) zu verwechseln!

5.2.2.3 Monokularer Gebrauch

Bei monokularer Nutzung des erhöhten Nahzusatzes sind etwa bis zu fünffache Vergrößerungen (+ 20,0 dpt.) möglich (12,277). Das andere Auge kann mit einem Gewichtsausgleich abgedeckt werden. Der Patient muß das Lesegut sehr ruhig in wenigen cm vor den Augen halten oder besser einen Ständer bzw. einen Abstandshalter benutzen (s. S. 14f).

Gläser aus Materialien mit einer höheren Brechzahl (siehe Tabelle 4) sind dünner und trotz höheren spezifischen Gewichtes leichter. Außerdem bieten sich Kunststoffgläser an, die ein etwa halb so großes spezifisches Gewicht wie Brillenkronglas (2,55 bzw. 1,32) besitzen (81a,41). Nachteilig ist die Dicke. Ein neues, hochbrechendes Glasmaterial ("N 18") ermöglicht ein um ca. 40 % geringeres Volumen als Brillenkron. Es müssen jedoch peripher etwas schlechtere Abbildungseigenschaften in Kauf genommen werden.

Quarzglas	1,46
Fensterglas	1,52
Kronglas	1,58
Flintglas	1,6 - 1,9
N 18	1,8
organische Polymere	1,5 - 1,6

Tabelle 4 Brechzahlen (nach 21,97)

Die Wahl kleiner Brillenfassungen trägt entscheidend zur Gewichtsreduktion bei. Beispiel: Ein Brillenglas mit der Stärke von + 8,0 dpt. wiegt mit 5 cm Durchmesser 14,5 g, mit 3,5 cm Durchmesser nur 4,2 g! Besteht das Glas aus organischem Material (Kunststoff), wiegt es 8,3 bzw. 2,4 g, bei Verwendung von Schwerflintglas 14 bzw. 4 g, wobei jeweils eine Mindestglasdicke von 1,0 mm angenommen wurde.

Im Folgenden werden einige konkrete mono- und bifokale Lupenbrillen einander gegenübergestellt.

5.2.2.4 Monofokale Lupenbrillen

Der verstärkte Nahzusatz als die einfachste Form einer Lupenbrille wurde bereits erwähnt. Auch asphärisch geschliffene Lupengläser sind mit mehr als sechsfacher Vergrößerung nur in Einzelfällen sinnvoll.

Die "Lenti"-Gläser (z. B. von den Firmen Zeiss oder Rodenstock) weisen eine Begrenzung des Lupenteiles auf 45 cm auf (Abb. 16). Dadurch verringern sich Dicke und Gewicht gegenüber gewöhnlichen Brillengläsern.

Die asphärischen Gläser mit kontinuierlichem Randverlauf ("Aphal" bei der Firma Zeiss, "Perfastar" bei Rodenstock) erzielen einen kosmetisch günstigeren Effekt.

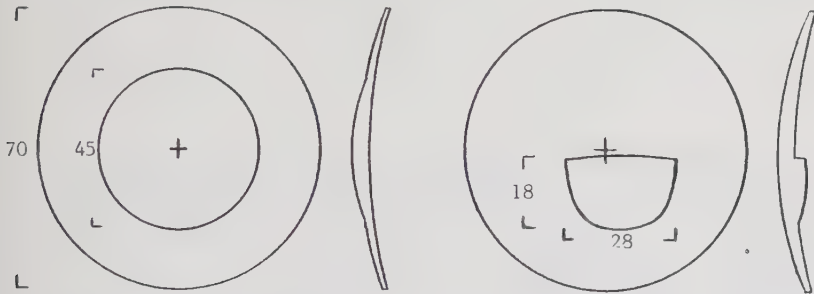


Abb. 16 (nach Zeiss-Katalog) Abb. 19 (s. S. 43) (nach (101,164))

Die Keeler LVA-Systeme werden auf Kunststoffgläsern mit Refraktionskorrektur befestigt, in dem sie entweder in einen aufgeklebten Gewinding oder ein in das Glas geschnittenes Gewinde geschraubt werden. Die Systeme sind auf diese Art teilweise austauschbar (27).

Die Linse des LVA 10 (Abb. 17) erlaubt mit 3 cm Durchmesser ein grosses Sehfeld. Wahlweise ermöglicht ein halbmondförmiger Ausschliff den Blick in die Ferne. Bei sechs- und achtfacher Vergrößerung sorgt ein transparenter Abstandshalter für eine konstante Entfernung.

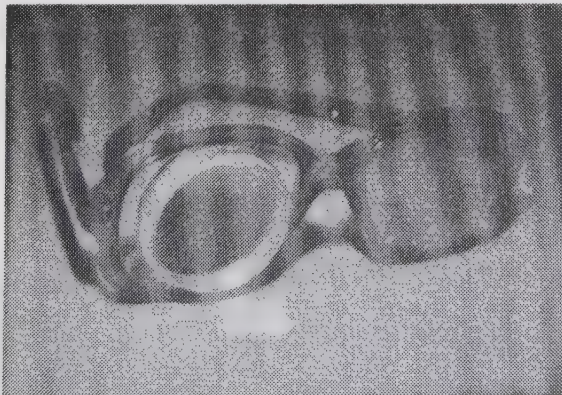


Abbildung 17 LVA 10

Das LVA 9 ist außer dem Abstandshalter mit einer Beleuchtung ausgestattet, die über ein Kabel von einer Batterie gespeist wird. Die Ausführungen mit 15 und 20 facher Vergrößerung basieren auf dem Mikroskop: ein negatives Okular erweitert den Abstand.

5.2.2.5 Bifokallupenbrillen

Nur der Nahteil weist eine erhöhte Brechkraft auf, so daß zusätzlich der Blick in die Ferne mit einer Orientierung im Raum möglich ist. Das Gesichtsfeld ist kleiner, die Brillen sind jedoch leichter und unauffälliger. Höhere Vergrößerungen erlauben nur ein monokulares Nahsehen (s. o.). Es genügt in diesen Fällen, nur den Nahteil zu okkludieren bzw. zu mattieren. Ist eine binokulare Vergrößerung möglich und liegt Emmetropie vor, stellt die Halbbrille eine funktionell und kosmetisch einwandfreie Form des bifokalen, verstärkten Nahzusatzes dar.

Zeiss bietet fertige Bifokallupengläser für gewöhnliche Brillenfassungen an (101,164;49): Gläser mit innen aufge kitteten Nahteilen aus mineralischem Material (17 x 25 mm, Abb. 18) und leichte, aus einem Stück gefertigte Kunststoffgläser mit rundem Lupenteil (Durchmesser 20 bzw. 22 mm). Die Lenti - Ausführungen (s. o.) werden ebenfalls als Bifokallupenbrillen hergestellt.

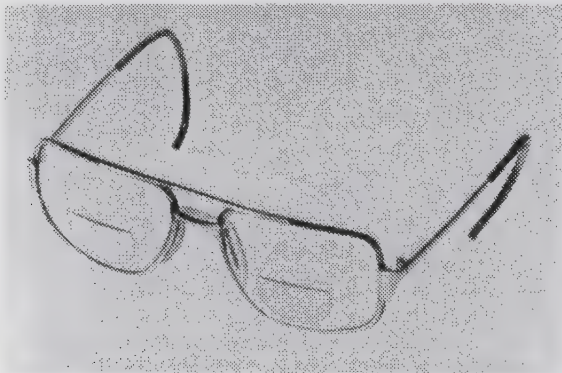


Abbildung 18 Zeiss Bifokallupenbrille in Spezialfassung

Das entsprechende Glas der Firma Keeler ist das LVA 12 mit etwa 20 mm Durchmesser.

Bei dem aus einem Stück geschliffenen "Ideal-Zweistärkenglas" der Firma E. Stratemeyer (101,164) befindet sich der Lupenteil augenseitig. Die Zusatzlinse ist "pantoskopisch" geformt (s. Abb. 19, Seite - 41). Sie ist nasal versetzt und kann mit einer prismatischen Wirkung von bds. bis zu 4 pdpt. versehen werden.

Die Tabellen 5 und 6 geben einen Überblick. Die Werte wurden teilweise Firmeninformationen entnommen, teils gemessen.

	Vergrößerung	Sehfeld bei 2 facher und 8 facher Vergr.	Preis* (DM)
Erhöhter Nahzusatz	bis etwa 5 fach	etwa 15 cm	18 - 50 Kunststoff 62 - 92 asphärisch 143
"Lenti"- Gläser, "Aphal", "Perfastar"	bis 5 fach	etwa 15 cm	89 140-163
LVA 10	2 bis 6 u. 8 fach	etwa 12 cm	etwa 3 cm 262 -342
LVA 9	8, 10, 12, 15 und 20 fach	etwa 3 cm	585 -1208

Zeiss - Bifokal- lupengläser	1,5 bis 4 fach	etwa 9 cm	294
	Kunststoffgläser:		205
	1,5 bis 6 fach	etwa 8 cm	-259
LVA 12	2 bis 9 fach	etwa 8 cm	etwa 2 cm 226 -262
"Ideal - Zwei- stärkengläser"	1,5 bis 4 fach	etwa 10 cm	209 -300

Tabellen 5 und 6 Mono- und bifokale, einfache Lupenbrillen

Zusammenfassender Vergleich:

Der erhöhte Nahzusatz bietet das größte Gesichtsfeld und kostet am wenigsten. Besonders als Halbbrille getarnt, ist er von einer Lesebrille kaum zu unterscheiden und stellt keine Anforderungen an den Patienten. "Lenti"- Gläser verringern Glasdicke und Gewicht, wenn hö-

here Dioptrienzahlen gefordert sind (Aphakie, Lupenbrillenvergrößerung bei Hyperopie). Für Patienten, die eine höhere, monokulare Vergrößerung benötigen und den geringen Abstand den Eigenschaften zusammengesetzter Systeme vorziehen, können die LVA 9 und 10 geeignet sein. Die aufgeführten Bifokalgläser ermöglichen ein binokulares Sehen bis zu etwa 2,5 facher Vergrößerung. Die Zeiss Kunststoffgläser sind leichter, unterscheiden sich jedoch von einer herkömmlichen Doppelbrille durch den außenseitigen Nahteil und die runde Form desselben. Das LVA 12 mit höherer Vergrößerung ist eine leichtere und unauffälligere Alternative zum LVA 10. Das Gesichtsfeld ist entsprechend kleiner. Vorteil des Keeler Systems ist die Austauschbarkeit der Systeme (s. S. 41). Bevorzugter Einsatzbereich sind daher Erkrankungen, bei denen eine Progredienz abzusehen ist.

5.2.3 Lupenbrillensystem mit erweitertem Arbeitsabstand

5.2.3.1 Geschichtliche Bemerkungen

Bereits 1839 stellte der französische Optiker Ch. Chevalier (1804 bis 1859) eine Lupe her, die mit einem vorgeschalteten Konkavglas kombiniert war. 1851 wurde dieses System von dem Physiologen E. Brücke (1819 bis 1892) in optisch verbesserter Form erneut vorgeschlagen (106,144). Heute ist diese Kombination aus Sammel- und Zerstreuungslinse unter dem Namen "Chevalier - Brücke" sche Lupe bekannt (107,39).

5.2.3.2 Wirkungsweise der Chevalier-Brücke'schen Lupe

Es handelt sich nicht um eine Lupe im eigentlichen Sinne, sondern um eine Modifikation des Galilei'schen Fernrohres (s. u.). Durch die zusätzliche, negative Linse wird ein größerer Arbeitsabstand erreicht, so daß

- Lesen in gewohnterer Haltung möglich ist,
- auch höhere Vergrößerungen ein binokulares Sehen erlauben,
- manuelle Tätigkeiten leichter ausgeführt werden können, und
- die Objektausleuchtung besser ist.

Nachteilig ist das kleinere Gesichtsfeld und das unruhigere Bild bei Kopfbewegungen. Dadurch wird die Orientierung auf dem Text erschwert.

Abb. 20 zeigt den Strahlengang bei einer Chevalier-Brücke'schen Lupe. Der Strahlengang ohne die Minuslinse ist gestrichelt gezeichnet. Das virtuelle Bild liegt im Unendlichen, da parallele Strahlen das Auge erreichen. In beiden Fällen ist also keine Akkommodation erforderlich.

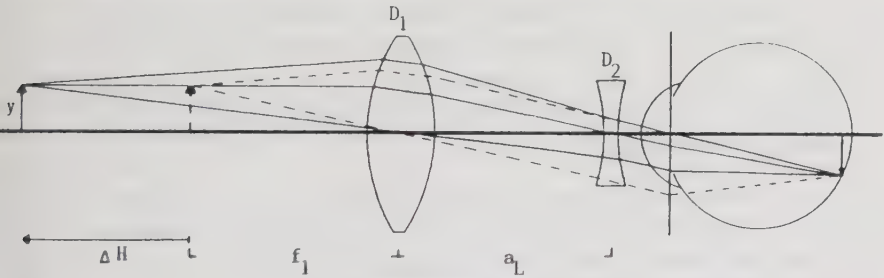


Abb. 20 Chevalier-Brücke'sche Lupe (modifiziert nach (101,165))

Die Erweiterung des Arbeitsabstandes wird erreicht durch die Verlagerung ΔH der objektseitigen Hauptebene H der Konvexlinse, die abhängig ist von der Brechkraft des Konkavglases nach der Formel

$$\Delta H = a_L \cdot \frac{D_2}{D_1} \quad (\text{nach } 103,45)(-23-)$$

Dabei bedeutet D die Gesamtbrechkraft des Systemes, D_2 die der negativen Linse und a_L den Abstand zwischen beiden Linsen.

Die Gesamtbrechkraft D eines zweiteiligen Linsensystemes kann mit Hilfe der Gullstrand'schen Formel bestimmt werden (103,45) (D_1 bedeutet die Brechkraft der positiven Linse):

$$\begin{aligned} D &= D_1 + D_2 - a_L \cdot D_1 \cdot D_2 \quad (-24-) \\ &= D_1 + D_2 \cdot (1 - a_L \cdot D_1) \end{aligned}$$

Unter bestimmten Bedingungen bleiben Brechkraft und Vergrößerung des Konvexglases unbeeinflusst, und zwar dann, wenn in (-24-) der Klammerausdruck gleich null wird ($D = D_1$).

$$\begin{aligned} 1 - a_L \cdot D_1 &= 0 \\ a_L \cdot D_1 &= 1 \\ a_L &= 1/D_1 = f_1 \end{aligned}$$

D. h.: Die Brechkraft der konvexen Linse ändert sich nicht, wenn die Hauptebene der Zerstreuungslinse im Brennpunkt der Konvexlinse liegt.

Aus (-23-) ergibt sich dann:

$$\Delta H = f_1 \cdot \frac{D_2}{D_1}$$

D. h.: Sind die Brechkräfte beider Linsen betragsmäßig gleich groß, verschiebt sich die objektseitige Hauptebene um den Betrag der Brennweite der positiven Linse zum Objekt hin, d. h., der Arbeitsabstand wird verdoppelt. Durch weitere Verstärkung der negativen Linse ist ein größerer Abstand möglich.

Da diese Bedingung bei geringen Vergrößerungen zu einer großen Baulänge führt, werden kürzere Systeme verwendet. Dann muß der negative Einfluß der Zerstreuungslinse in Kauf genommen werden und die positive Linse nach (-24-) eine stärkere Brechkraft besitzen.

Einzelne Systeme sind unter 5.2.4.5 aufgeführt.

5.2.4 Das Galilei - Fernrohr

5.2.4.1 Geschichtliche Bemerkungen

Die Erfindung dieses Fernrohres im Oktober 1608 wird dem Brillenmacher Johann Lipperhey aus Wesel zugeschrieben, der in der holländischen Stadt Middelburg tätig war. Die Holländer waren zu dieser Zeit Meister der Brillenglasschleiferei. Das Fernrohr diente zunächst militärischen Zwecken (103,176).

Neun Monate später baute es der italienische Mathematiker und Naturforscher Galileo Galilei (1564 - 1642) nach, worauf es rasche Verbreitung fand (107,69ff).

Der eigentliche Verdienst Galilei's bestand neben der Mitbegründung der modernen Physik in der erstmaligen Anwendung des Fernrohres für astronomische Zwecke. In seinen Entdeckungen fand er die Bestätigung der kopernikanischen Lehre. Die Inquisition, das "heilige Offizium", verbot diese Anschauungen. 1633 mußte Galilei seine Lehren widerrufen und wurde mit lebenslanglichem Hausarrest bestraft (60).

Die damals hergestellten Fernrohre wiesen ausgeprägte Abbildungsfehler auf, die man durch kleine Objektivdurchmesser mindern mußte. Der englische Liebhaberoptiker Chester Moor Hall erfand 1729 das achromatische Objektiv. Es bestand aus einer Kron- und einer Flintglaslinse. 1758 stellte der Engländer John Dolland dieses korrigierte Objektiv der Öffentlichkeit vor.

Genaue Berechnungen und die Herstellung von vollkommen schlierenfreien Gläsern gelangen erst dem deutschen Optiker Josef Fraunhofer (1787 - 1826). Er verhalf der Optik zu wesentlichen Entdeckungen und Erfindungen (103,177f).

5.2.4.2 Wirkungsweise des holländischen oder Galilei'schen Fernrohrs

Bei der Betrachtung eines fernen Objektes treffen parallele Strahlen unter einem sehr kleinen Winkel w zur optischen Achse in das Auge (Abb. 21).



Abb. 21 Betrachtung eines entfernten Objektes (frei nach (117,156f))

Eine positive Linse erzeugt davon stets ein umgekehrtes Bild (Abb. 22). Das Auge muß auf das im Brennpunkt der Linse befindliche, reelle Zwischenbild Z akkommodieren.

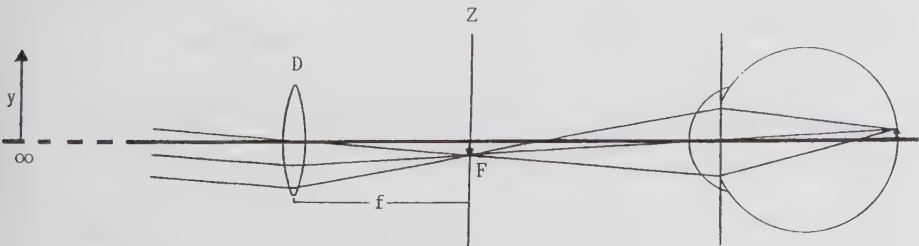


Abb. 22 Betrachtung eines entfernten Objektes durch eine Lupe (frei nach (117,156f))

Das Galilei - Fernrohr besteht aus einer positiven und einer negativen Linse, deren Brennpunkte zusammenfallen. Das Okular befindet sich zwischen dem gemeinsamen Brennpunkt und der Objektivlinse, da die Brennweite des Okulares negativ und vom Betrag her kleiner als

die der Objektivlinse ist (Abb. 23b). Ein reelles Bild Z im Brennpunkt F_1 kann daher nicht entstehen.

Damit wird erreicht:

- Parallele Strahlen werden wieder zu parallelen Strahlen, jedoch unter Vergrößerung des Winkels zur optischen Achse. Gesehen wird ein virtuelles, aufrechtes Bild (Abb. 23a).

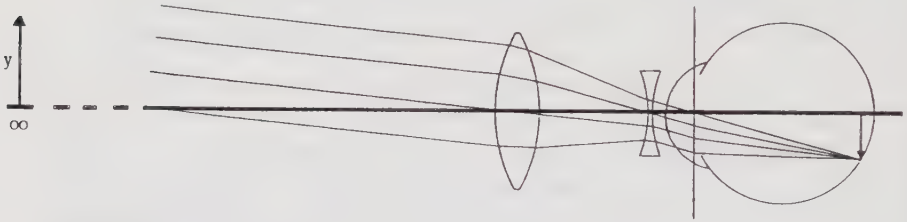


Abb. 23a Strahlengang beim Galileifernrohr (modif. nach (117,157))

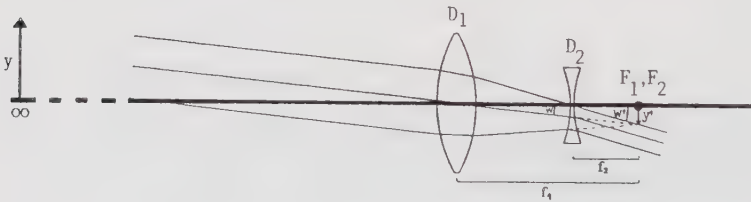


Abb. 23b Lage der Brennweiten und -punkte beim Galileifernrohr (nach (117,157))

Dieses System vergrößert ohne eine Veränderung des Winkels paralleler Strahlen zueinander, hat also keinen Brennpunkt im Endlichen. Es wird daher als afokales System mit telezentrischem Strahlengang bezeichnet.

Dies läßt sich auch mit der Gullstrand'schen Formel (-24-) zeigen (a_L ist in diesem Falle gleich der Differenz der Linsenbrennweiten):

$$\begin{aligned}
 D &= D_1 + D_2 - D_1 \cdot D_2 \cdot a_L \\
 &= D_1 + D_2 - D_1 \cdot D_2 \cdot \left(\frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right) \\
 &= D_1 + D_2 - D_1 - D_2 = 0 \\
 f &= \infty
 \end{aligned}$$

Die **Strahlenbegrenzung** erfolgt durch den Objektivrand und die Augenpupille. Ein größerer Durchmesser der Okularöffnung als der der Augenpupille ist daher zwecklos. Die Pupillaröffnung beträgt nach längerer Adaptationszeit etwa 8 mm, bei älteren Menschen weniger (103,207). Dagegen kann mit einem größeren Objektivdurchmesser eine höhere Lichtstärke erzielt werden.

Die Bestimmung der **Vergrößerung** erfolgt auch beim Galilei-Fernrohr nach (117,158)

$$V = \frac{\tan w'}{\tan w} \quad (-1-)$$

Dabei ist (s. Abb. 23b)

$$\tan w' = \frac{y'}{-f_2} \quad \text{bzw.} \quad \tan w = \frac{y'}{f_1} \quad (-25-)$$

Es entsteht die Formel (die negative Okularlinse erhält ein negatives Vorzeichen (107,63f)):

$$\begin{aligned} V &= \frac{y'}{-f_2} : \frac{y'}{f_1} = -\frac{f_1}{f_2} \\ V &= -\frac{D_2}{D_1} \end{aligned} \quad (-26-)$$

Aus dieser Formel folgt:

- Je stärker die Brechkraft des negativen Okulars (D_2) und je schwächer die des positiven Objektivs (D_1), um so höher ist die Vergrößerung.

Beispiel: Beträgt die Brechkraft der Objektivlinse + 10,0 dpt. und die des Okulars - 20,0 dpt., so vergrößert das System

$$V = -\frac{-20,0}{+10,0} = 2 \quad (\text{fach})$$

mit einem Linsenabstand von

$$a_L = \frac{1}{10,0} - \frac{1}{20,0} = 0,05 \quad (\text{m})$$

Die Vorteile des Galilei-Fernrohres liegen auf der Hand:

- Es liefert ein aufrechtes Bild,
- kurze Baulängen sind ohne optischen Aufwand möglich - das bedeutet kleine Abmessungen und geringes Gewicht,
- es ist einfach und preiswert herzustellen,
- durch die weite Strahlenbegrenzung entsteht eine große Lichtstärke,
- da nur zwei Glieder vorhanden sind, treten nur unbedeutende Lichtverluste auf.

Aus diesen Gründen ist dieses Fernrohr z. B. als Opernglas weit verbreitet. Es müssen jedoch Nachteile in Kauf genommen werden. Durch die Zerstreuungslinse erscheint die Objektivfassung als verkleinertes, virtuelles Bild zwischen den beiden Linsen. Dieses liegt außerhalb der Schärfeebene. Daher erscheint das Gesichtsfeld unscharf begrenzt und wird mit zunehmender Vergrößerung kleiner (103,215). Außerdem nimmt die Abbildungsgüte zum Rand hin ab, da nur die vom Bildzentrum ausgehenden Strahlen durch die Linsenmitte verlaufen.

Galileisysteme als vergrößernde Sehhilfen (1,8 oder 2 fache Vergrößerung, s. u.) besitzen wegen des großen Objektivdurchmessers jedoch noch ein ausreichendes Gesichtsfeld (6,11).

5.2.4.3 Modifikationen des Galilei-Systems für die Nähe

Geschichtliche Bemerkungen

Die optischen Kegel des französischen Philosophen und Mathematikers René Descartes (1596 - 1650) können als Vorläufer der Fernrohlupe angesehen werden (106,81). Anfang des 19. Jahrhunderts wurden derartige Glaskegel unter dem Namen "Stöpsellinsen" verkauft. Sie ähnelten optisch einem dicken Antiseikonieglas.

Die erste Fernrohlupenbrille geht auf den Jesuiten Fr. Eschinardi (1623 - nach 1699) zurück, der damit 1667 einem einflußreichen Kurzsichtigen ein zweifach vergrößerndes Leseinstrument schuf (111,25f).

Im 19. J. bestand die Fernrohrbrille aus einfachen Aufsteckgläsern (21,143f). Es wurden verschiedene Systeme angegeben, u. a. auch als Zweifler (167). Erstebrinche Verbesserungen der Bauartangaben sind M. v. Kers zu verdanken (112). Ab 1916 wurden erste Krönige in der Konstruktion, insbesondere von Kröngevierecken, angegeben (62;107;118).

Vier Möglichkeiten erlauben die Betrachtung eines näher gelegenen Gegenstandes durch ein Galilei-System:

1. Akkommodation

Diese ist kaum von Bedeutung.

2. Vorsatz einer Konvexlinse vor das Fernrohrobjektiv

Ein solches System wird "Fernrohrlupe" genannt und, in einer Fassung montiert, als "Fernrohr Lupenbrille" bezeichnet (s. Abb. 25).

3. Erweiterung des Abstandes der beiden Linsen

Wandelt man die im 2. Fall verstärkte Objektivlinse dem Okular, entfernt wieder ein Galilei-Fernrohrsystem, sobald die Brennpunkte der Linsen zusammenfallen. Werden im umgekehrten Fall die Linsen voneinander entfernt, verringert sich der Arbeitsabstand. Nach diesem Prinzip funktionieren die stufenlos variablen Fernrohrsysteme, ebenso die Feldstecher Kepler'scher Bauart (s. u.).

4. Als weitere Möglichkeit bleibt die Verringerung der Brechkraft der Okularlinse.

Die Gesamtvergrößerung V einer Fernrohrlupe wird errechnet aus den Teilvergrößerungen von Lupe und Fernrohr (103,239):

$$\begin{aligned} V_{\text{Fernrohrlupe}} &= V_{\text{Lupe}} \cdot V_{\text{Fernrohr}} \\ &= \frac{D_{\text{Lupe}}}{4} \cdot V_{\text{Fernrohr}} \quad (-27-) \end{aligned}$$

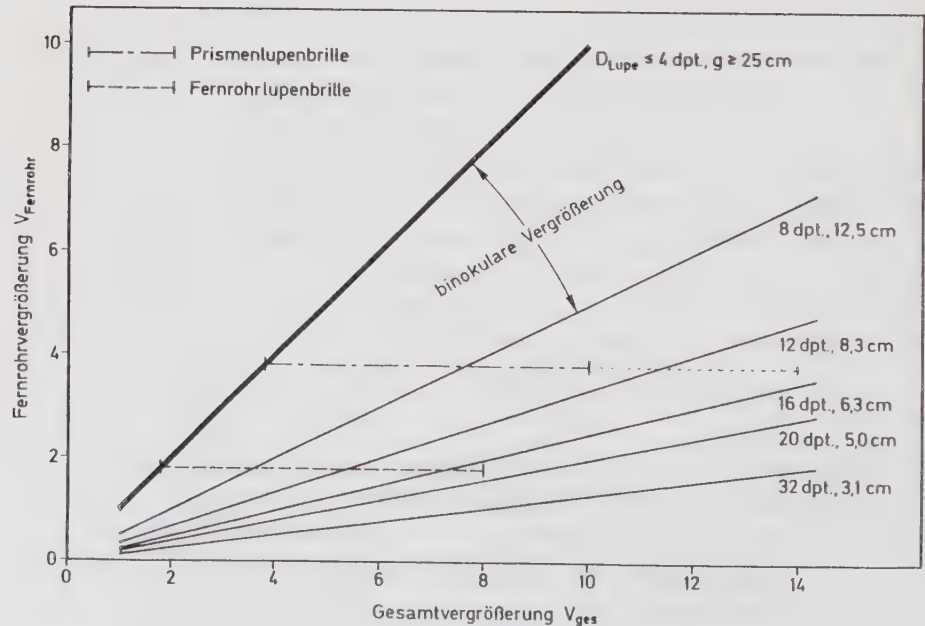
Die Gesamtvergrößerung kann also durch die Stärke des Lupenvorsatzes und durch die Vergrößerung des afokalen Fernrohranteiles variiert werden. Im ersten Fall ändert sich der Arbeitsabstand, im zweiten Fall nicht.

Mit "Arbeitsabstand" ist im Folgenden der "freie" Arbeitsabstand vom Objekt zum Objektiv gemeint. Dieser ist identisch mit der Brennweite der Objektivlinse:

$$g = f = \frac{1}{D_{\text{Lupe}}}$$

Die Bezugsentfernung entspricht wie bei den einfachen Lupen der "deutlichen Sehweite", wenn der Objektabstand weniger als 25 cm beträgt. Bei größeren Arbeitsabständen wird die Gesamtvergrößerung der Vergrößerung des telezentrischen Anteils gleichgesetzt:

$$V = V_{\text{Fernrohr}}$$



In Abb. 24 wurde versucht, die Relation von Fernrohrvergrößerung, Lupenvorsatzstärke und der erzielten Gesamtvergrößerung V im Abstand g nach den Formeln (-17-) und (-27-) darzustellen. Zum Vergleich sind die Möglichkeiten einer Fernrohrlupe und einer Prismenfernrohrlupe (s. S. 67) aufgeführt.

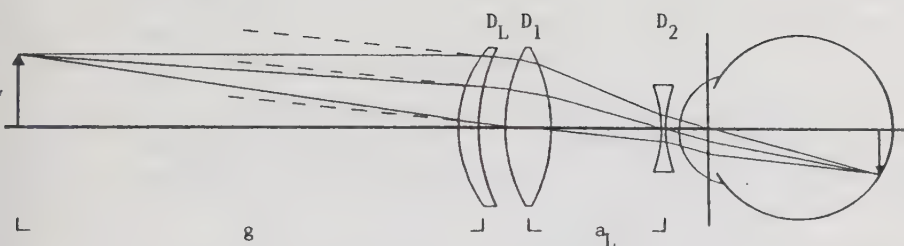


Abb. 25 Strahlengang bei einer Fernrohrlupe
(stark modifiziert nach (103,239))

Ohne Nahvorsatz können entfernte Objekte vergrößert betrachtet werden. Zum ständigen Tragen, z. B. bei Bewegung im Raum ist diese "Fernrohrbrille" jedoch nicht geeignet. Einsatzbereiche sind Fernsehen, Kino oder Schule. Außerdem dient sie dem Erkennen entfernter Informationen, z. B. von Bahnhofsanzeigen.

5.2.4.4 Die Brücke'sche Lupe als modifiziertes Galilei-System

Zerlegt man die Konvexlinse einer Chevalier-Brücke'schen Lupe in zwei Teile a und b , so entsteht ein Galilei-Fernrohr und eine positive, vorgesetzte Linse (Fernrohrlupe, s. Abb. 25).

Eine Chevalier-Brücke'sche Lupe mit definiertem Arbeitsabstand erhält man also auf zwei Wegen:

- 1., wenn man eine einfache Lupe nach Formel (-24-) mit einer Minuslinse versieht oder
2. durch Verstärken des Objektivs eines Galilei-Fernrohres.

Der Unterschied zur Fernrohrlupe besteht lediglich im Aufbau: bei der Brücke'schen Lupe sind Objektiv- und Vorsatzlinse fest zu einem Glas vereinigt. Eine Variation von Vergrößerung oder Abstand ist nicht möglich.

5.2.4.5 Brücke'sche Lupen - Einzelne Systeme

In eine Brillenfassung montierte, zusammengesetzte Systeme nach Art der Brücke'schen Lupe werden etwas irreführend als "Lupenbrillen" bezeichnet. Sie werden von den Firmen Zeiss, Keeler und Eschenbach angeboten. Sie sind in erster Linie für den binokularen Gebrauch bestimmt.

Tabelle 7 vergleicht die verschiedenen Systeme. Als "subjektive Bildgröße" ist ein Zahlenwert angegeben, der einen Vergleich der Sehfelder unabhängig von Vergrößerung und Arbeitsabstand erlaubt. Er wurde folgendermaßen errechnet:

$$\text{subj. Bildgröße} = \frac{\text{Sehfeld}}{\text{Arbeitsabstand}} \cdot \text{Vergr. d. Fernrohrteiles}$$

Der Wert 1,0 entspricht einem Bildwinkel von etwa 45°.

Die Gewichtsangaben beziehen sich auf ein monokulares System.

	Vergrößerung	Arbeitsabstand cm	Sehfeld cm	subjektive Bildgröße	Gewicht g	Preis* DM
Zeiss Lupenbrille	2x	26 - 54	7 - 3,5	0,26	6	306
LVA 22	1,6x - 8x	22 - 7,5	14 - 2,5	0,9	12 - 17	711- 1035
LVA 21	2x - 5x	15	8 - 2,5	0,6	8 - 18	734- 1007
Eschenbach Lupenbrille	3x 4x	25	7 3,5	0,8 0,6	30	289**

Tabelle 7 Zusammengesetzte Systeme nach Bauart der Brücke'schen Lupe
(Die Daten wurden teilweise Firmeninformationen entnommen,
teilweise errechnet)

Abbildung 26 stellt entsprechend den Werten aus Tabelle 7 die Relation von Arbeitsabstand und Sehfeld bei den angebotenen Vergrößerungen grafisch dar.

Die geringen Ausmaße des leichten Zeiss-Systems (Abb. 27) erlauben eine bifokale Nutzung. Die unterschiedlichen Arbeitsabstände bei gleicher Vergrößerung entstehen durch Veränderung des negativen Okulares (49). Neben den erwähnten Ausführungen werden Systeme mit einem Arbeitsabstand von 5m oder ∞ angeboten. Die Halteringe, die eine Fein-

* durchschnittliche Angaben für ein System incl. MSt. Stand 1/86

** binokulare Ausführung mit Gestell

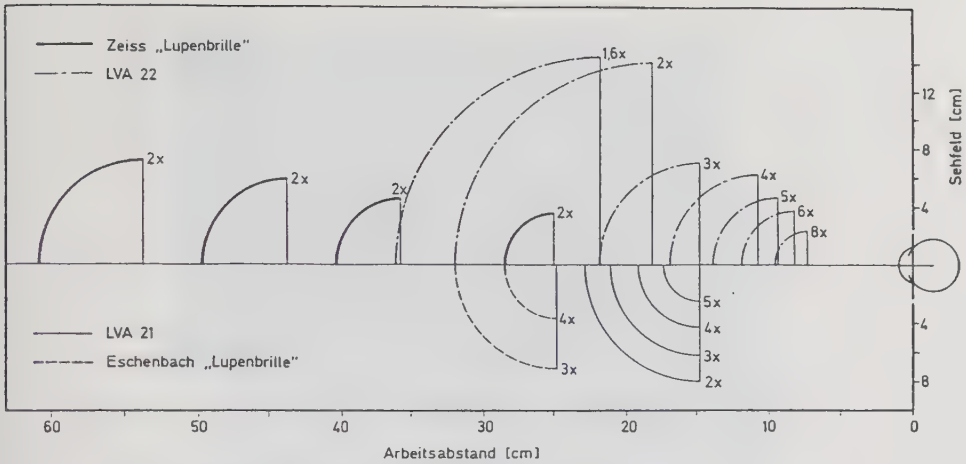


Abb. 26 Relationen von Sehfeld und Arbeitsabstand der in Tabelle 7 angegebenen Systeme gemäß der dort aufgeführten Daten. Die Entfernung vom rechts symbolisch dargestellten Auge zeigt den Arbeitsabstand, die vertikale Ausdehnung der dargestellten Kreisausschnitte die Größe des Blickfeldes. Die Vergrößerung ist als Zahlenwert angegeben.

justierung der Systeme ermöglichen, werden fest aufgekittet. Zur Anpassung ist die Optik auf einem passenden Glas befestigt, das in die Prüfbrille eingesetzt wird.

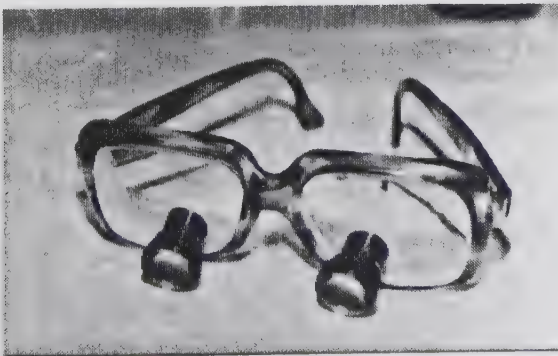


Abb. 27 Zeiss Lupenbrille

Das LVA 22 (Abb. 28) wird wegen des großen Gesichtsfeldes als "Weitwinkelsystem" bezeichnet. Es ist primär für den monokularen Gebrauch bestimmt. Eine beidseitige Vergrößerung ist bis zu etwa dreifacher Vergrößerung möglich. An Gewicht kommt bei den Keeler Systemen noch eine Brille mit Gläsern dazu.

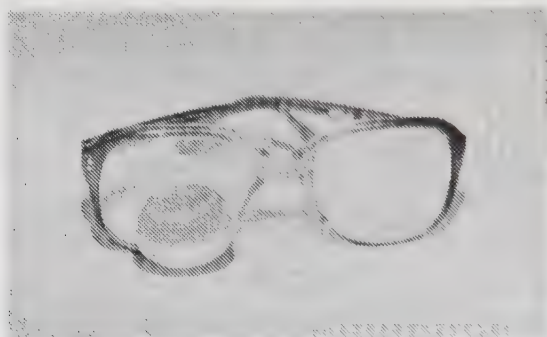


Abb. 28 LVA 22, links mattiert

Der Arbeitsabstand des LVA 21 ist für manche Patienten, besonders mit einer Konvergenzinsuffizienz, zu kurz. Zum binokularen Gebrauch (bis zu fünffache Vergrößerung) werden die Systeme an einer Verbindungsbrücke ("PD-Brücke") mittels eines Gewindes befestigt und an einer Brillenfassung angebracht. Damit wird die Anpassung erleichtert und dem Patienten eine probeweise Mitnahme nach Hause ermöglicht.

Das Eschenbach-System erreicht (wie auch das LVA 21) die verschiedenen Vergrößerungen durch eine Variation des Fernrohranteils, wogegen der Lupenteil nicht verändert wird. Dies hat den Vorteil, daß der Arbeitsabstand auch bei der höheren Vergrößerung gleichbleibt. Die binokulare Ausführung (Abb. 29) wiegt incl. Gestell 70 g. Die Pupillendistanz kann jederzeit eingestellt oder verändert werden.

Die Firma Carl Zeiss-Jena fertigt unverändert die bewährte, 1909 von M. v. Rohr entworfene Lupenbrille (Abb. 30). Zwei kleine Systeme, die optisch den westdeutschen Zeiss-Systemen gleichen, sind an einem leichten Brillengestell befestigt, das der Brillenträger vor die eigene Brille aufsetzen kann. Die Ohrenbügel sind elastisch, so daß sie hinter den Bügeln der eigenen Brille kaum bemerkt werden. Die Pupillendistanz läßt sich ein- und feststellen.

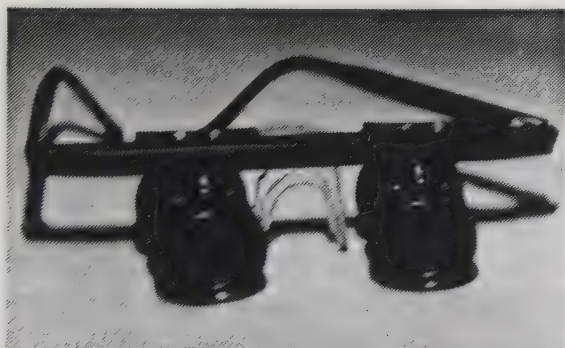


Abb. 29 Kornmark Lupenbrille



Abb. 30 Lupenbrille Zeiss Jena

Zusammenfassender Vergleich

Die Zeiss-Systeme besitzen das kleinere Gesichtsfeld, wegen aber zu wenig stark. Der schwächer konstruierte kann in normalen Abstand blickender und blickend lesen oder arbeiten. Die Kornmarkbrille bietet die gleichen Vorteile. Das LK 20 erleidet nicht nur zu häufige, blinkende Vergrößerung. Normalität ist der gleichzeitige kurze Abstand stehend mit 10 cm. Eine gewöhnliche Linsenform bietet die Kornmarkbrille (mit 4-fache Vergrößerung). Sie ist wegen der veränderlichen Pupillendistanz nicht auf eine Person festgelegt, ebenso wie die Brille aus Jena. Im Gegensatz zu dieser kann man die MD-Einstellung beim Kornmarksystem nicht fixieren, so daß auch die Systeme verschoben können. Eine normale, bis zu einfacche Vergrößerung erreicht das LK 22.

5.2.4.6 Fernrohr Lupenbrillen - Einzelne Systeme

Der Vorteil von Fernrohr Lupenbrillen gegenüber den zusammengesetzten Lupenbrillen besteht darin, daß mit einem einzigen System durch Auswechseln der Vorsatzlinsen eine Veränderung der Vergrößerung möglich wird. Eine höhere Vergrößerung geht mit einer Verminderung des Arbeitsabstandes einher. Durch das Baukastenprinzip (Zeiss) erübrigt sich die kostspielige Anschaffung einer kompletten, neuen Brille, wenn eine Verstärkung erforderlich ist. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, das System ohne Vorsatzglas auch für die Ferne benutzen zu können. Sehhilfen für die Ferne sind aus optischen und physiologischen Gründen (gegenläufige Bildbewegungen entsprechend der Vergrößerung) nur für einen ruhenden Betrachter möglich (98,27).

Die Fernrohr(lupen)brille der Firma Zeiss besitzt eine 1,8 fache Standardfernvergrößerung. Durch Lupenvorsätze steigt die Vergrößerung bis auf zehnfach monokular in der Nähe. Werden Zweistärkengläser vorgesetzt, geschieht der Wechsel von Fernrohr Lupe zu Fernrohr einfach durch Blickwechsel. Nachteilig ist dann das kleinere Gesichtsfeld.

Okular und Objektiv sind aus jeweils zwei Linsen zusammengesetzt. Die Verwendung von insgesamt fünf Linsen bewirkt bei stärkeren Vergrößerungen (ab etwa vierfach) eine bessere Abbildungsqualität als einfacher gebaute Systeme (101,169).

Der große Durchmesser der ersten Objektivlinse von 4 cm erzielt ein großes Sehfeld, erschwert aber eine binokulare Nutzung. Bei einer Pupillardistanz von mindestens 64 mm ist binokular maximal eine dreifache Vergrößerung möglich (6,12).

Abbildung 31 zeigt ein montiertes Zeiss-Fernrohr Lupensystem.

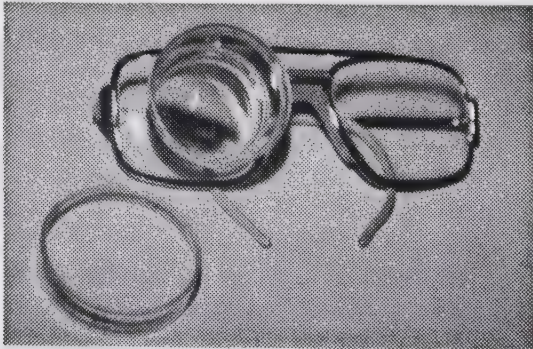


Abb. 31 Zeiss Fernrohrbrille mit Lupenvorsatz

Ein vom Aufbau her vergleichbares Modell der Firma Keeler ist das LVA 20. Dieses aus Kunststofffrontlinse und Flintglasokular bestehende System kann mit zwei Vorsatzlinsen von + 0,75 bzw. + 4,0 dpt. versehen werden (27,15).

Fernrohrbrillen, deren Objektiv-Okular-Abstand mit Hilfe eines Gewin- des verändert wird, können stufenlos auf verschiedene Entfernungen scharf eingestellt werden. Nach diesem Prinzip funktionieren die Fern- rohrbrille der Firma Eschenbach, die äußerlich der Lupenbrille des gleichen Herstellers entspricht, und LVA 31 und 50.

Eine Sonderform ist das LVA 26, das eine Kombination aus stufenlos einstellbarem Fernrohr mit aufsteckbaren Lupen (+ 1,7 und + 5,0 dpt.) darstellt. Es kann von 15 cm bis ∞ scharf eingestellt werden (27,13).

Tabelle 8 stellt die Fernrohr(lupen)systeme einander gegenüber: (Die Daten wurden teilweise Firmeninformationen entnommen, teilweise gemessen und berechnet).

	Vergrößerung des Fern- rohrteiles	Arbeits- abstand cm	Gesamt- vergrös- serung	Sehfeld cm	subj. Bildgr.	Gewicht g	Preis* DM
Zeiss Fern- rohr(lupen)- brille	1,8 x	∞ 26 bis 9,5	1,8 x 2 x bis 8 x	2,1m/5m 11 bis 2,6	0,8	30	682**
LVA 20	2 x	∞ 133 25	2 x 2 x 2 x	1m/5m 30 5	0,4	15	***
LVA 31	2 x	50 - ∞		1,5m/5m	0,6	20	***
LVA 50	1,9 x	40 - ∞		2m/5m	0,75	26	510
Eschenbach Fernrohrbr.	3 x	70 - ∞		0,8m/5m	0,5	30	148
LVA 26	2 x	50 - ∞ 20 - 60 15 - 20	2 x 2 x max. 3 x	1,5m/5m 4 - 18 3 - 6	0,6	30	840

* durchschnittliche Angaben für ein System incl. MwSt. Stand 1/86

** Spezialfassung zusätzlich 485 DM, nicht obligat

*** in Deutschland nur auf Sonderbestellung erhältlich

Zusammenfassender Vergleich

Die Zeiss Fernrohlupenbrille erreicht das größte Sehfeld und monokular die höchste Vergrößerung (10 fach). Durch Austausch des Lupenvorsatzes kann die Gesamtvergrößerung verändert werden. Das LVA 20 wiegt die Hälfte, allerdings ist das Sehfeld nur halb so groß. Die Vergrößerungen der variablen Systeme unterscheiden sich wenig. Das LVA 50 erlaubt binokulares Lesen in 40 cm Abstand und das LVA 26 mit Vorsatzlinsen und maximal 3 facher Vergrößerung. Der Einsatzbereich des LVA 31 und der Eschenbach Fernrohrbrille liegt bei größeren Entfernungen (Fernsehen, Theater etc.).

5.2.4.7 Weitere Variationen des Galilei'schen Fernrohres

Aniseikoniegläser finden bei höheren Anisometropien Verwendung, um seitengleiche Netzhautbildgrößen zu erreichen (s. S. 14). Sie erzielen nur geringe Größenänderungen.

Die vordere Brechungsfläche dieser Gläser kann als Objektiv und die hintere als Okular eines Galilei-Systems aufgefaßt werden (siehe Abb. 32). Die Berechnung von Vergrößerung und Dicke bzw. des Abstandes zwischen beiden Hauptebenen erfolgt nach den Formeln (-24-) und (-26-). Entsprechend ist die vergrößernde Wirkung der Dicke und der Glasaußenkrümmung direkt proportional (70).



Abb. 32 Vergrößerung des Sehwinkels durch ein Aniseikonieglas
(modifiziert nach Abb. 23b)

Die Fernrohrbrille nach Gernet besteht aus 1,15 fach vergrößernden Aniseikoniegläsern. Im klinischen Versuch wurde eine über die theoretische Vergrößerung hinausgehende Visussteigerung festgestellt (116). Der Nachteil dieser Gläser ist die Dicke und damit das hohe Gewicht bei nur schwacher Vergrößerung.

Eine Vergrößerung durch die Kombination von Kontaktlinse und Brille wurde schon in den dreißiger Jahren von mehreren Autoren vorgeschlagen (58,78). Die Überkorrektion mit einer negativen Kontaktlinse ergibt eine Brechungshyperopie, die mit einem positiven Brillenglas wieder ausgeglichen wird. Die Vergrößerung entsteht durch die Verlängerung der Bildweite. Der optische Aufbau entspricht dem Galileisystem.

Vorteilhaft gegenüber einem schwach vergrößernden Galilei-Fernrohr sind das geringere Gewicht und ein größeres Gesichtsfeld. Die Nachteile machen den Erfolg jedoch zweifelhaft. Das Einsetzen der KL ist für den Sehbehinderten besonders schwierig. Wird die Brille abgenommen, kommt der Patient noch schlechter zurecht, als ohne KL. Zum Umherlaufen ist diese Kombination genauso ungeeignet wie eine Fernrohrlupe. Außerdem werden nur geringe Vergrößerungen erreicht, die mit anderen Mitteln besser herzustellen sind (26,42f). Erwähnt sei der Vorschlag, eine bifokale KL zu verwenden, die die Fernrefraktion und eine zweite, stark negative Brechkraft (Kombination mit einem positiven Brillenglas) für die Nähe enthält (36,819).

Eine Kontaktlinse-Brille-Kombination bewährt sich bei myopen Patienten, die mit einer KL als Fernkorrektur gut bedient sind (s. S. 14), und zum Lesen eine zusätzliche Brille, auch als verstärkter Nahzusatz, benutzen. Besonders hilfreich ist diese Kombination für hochmyope Patienten mit einer Visusreduktion auf 0.4 bis 0.1 (57,118f). Voraussetzung ist natürlich, daß der Sehbehinderte das Einsetzen der KL beherrscht.

Das mit einer Brille korrigierte, aphake Auge kann optisch als ein schwach vergrößerndes Galilei-System aufgefaßt werden. Auch bei einer Starbrille können die Randzonen als störend empfunden werden.

Wählt man bei einem Galileisystem die Brechkraft der positiven Linse größer als die der negativen, errechnet sich nach Formel (-26-) eine Verkleinerung. Aufgrund der Bedingung $F_1 = F_2$ wird die Position der Linsen vertauscht. Es entsteht eine afokales Weitwinkelsystem (Abb.33).

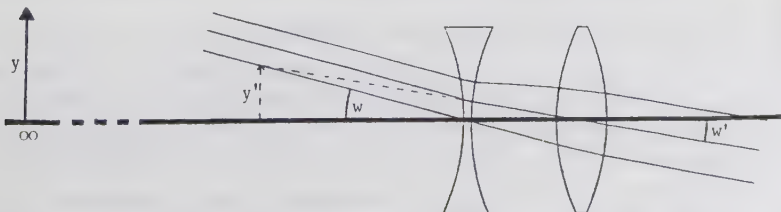


Abb. 33 Erweiterung des Blickfeldwinkels mit Hilfe eines umgekehrten Galilei'schen Fernrohres als Weitwinkelsystem (nach (58,82))

Der Sehwinkel wird zwar verkleinert, auf der Netzhaut wird jedoch mehr Umfeld abgebildet. Dieses System kann daher einem Patienten mit Röhrengesichtsfeld die Orientierung erleichtern. Es kann ebenfalls aus Kontaktlinse und Brille zusammengesetzt werden (18,25f). Eine einfache Möglichkeit der Gesichtsfelderweiterung besteht darin, ein gewöhnliches Fernglas umgekehrt vor das Auge zu halten.

5.2.5 Das astronomische oder Kepler'sche Fernrohr

5.2.5.1 Geschichtliche Bemerkungen

Bereits drei Jahre nach der Erfindung des holländischen Fernrohres entwarf der 1571 in Weil der Stadt geborene Johannes Kepler ein aus zwei Sammellinsen bestehendes, teleskopisches System (117,187f) und veröffentlichte seine Arbeit in einem Buch über die Dioptrik, dem wohl ersten wissenschaftlichen Werk über optische Instrumente (110). Der Jesuit Christoph Scheiner baute dieses System um 1650 nach. Da es ein umgekehrtes Bild lieferte, wurde es nur zu astronomischen Zwecken genutzt.

Kepler ist als Mitbegründer der modernen Astronomie und der wissenschaftlichen Optik anzusehen. Er führte erstmalig Versuche zum beidäugigen Sehen durch und erkannte das Prinzip der Raumwahrnehmung (109).

Sein tieferes Denken geht jedoch darüber hinaus. Für ihn war das "Geheimnis der Welt", das er in seinen "harmonices mundi" beschreibt, eine harmonisierende und allumfassende Einheit. Daher passten auch der Konfessionsstreit und das "unchristliche Theologengezänk" nicht in sein Weltbild (44).

Sein Leben verlief nicht harmonisch. Er wurde nur von wenigen verstanden. Seine Mutter wurde in einem sechs Jahre dauernden Prozess als Hexe verklagt. Dies war nur eine seiner vielen Belastungen. Nur unter äußerstem, persönlichem Einsatz gelang es Kepler, seine Mutter vor Folter und Verbrennung zu bewahren (61,15).

5.2.5.2 Wirkungsweise des Kepler'schen Fernrohres

In Abb. 34 ist der Strahlengang des astronomischen Fernrohres dargestellt. Das Objektiv erzeugt in seiner Brennebene F_1 ein umgekehrtes, reelles Zwischenbild y' (vergl. Abb. 22), welches durch das Okular vergrößert gesehen wird. Analog zur Betrachtung eines Gegenstandes

durch eine gewöhnliche Lupe entsteht dann eine scharfe Abbildung ohne Akkommodation, wenn dieses Zwischenbild im Brennpunkt des Okulares F_2 liegt. Also ist

$$F_1 = F_2$$

und damit wie beim Galilei-Fernrohr der Abstand der beiden Linsen gleich der Summe ihrer Brennweiten. Da beide Linsen eine positive Brechkraft besitzen, entsteht eine größere Baulänge als beim Galileischen System.

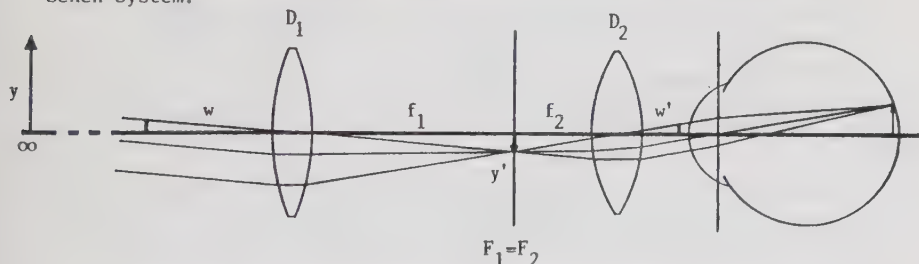


Abbildung 34 Strahlengang beim astronomischen Fernrohr
(modifiziert nach (117,153))

Für die Vergrößerung ergibt sich aus (-1-) und Abbildung 34:

$$V = \frac{\tan w'}{\tan w} = \frac{y'}{f_2} ; \frac{y'}{f_1} = \frac{D_2}{D_1} \quad (-28-)$$

also betragsmäßig die gleiche Formel wie beim holländischen Fernrohr (-26-)! Auch hier gilt daher:

- Die Brechkraft des Objektives ist umgekehrt und die des Okulares direkt proportional zu der erzielten Vergrößerung.

Ebenso handelt es sich um ein afokales System mit telezentrischem Strahlengang.

5.2.5.3 Nachteile und Vorteile gegenüber dem Galilei-System

Das Okular erzeugt von der Objektivfassung ein kurz hinter dem bildseitigen Okularbrennpunkt entstehendes, reelles Bild, das die sogenannte "Austrittspupille" des Fernrohres darstellt. Hält man das Fernrohr gegen eine helle Fläche, kann man dieses verkleinerte Bild des

Objektivrandes durch das Okular als scharfen, hellen Kreis sehen und bestimmen. Die Objektivfassung wirkt beim astronomischen Fernrohr nicht als Gesichtsfeldbegrenzung, sondern als Aperturblende (103, 181f). Ihr Durchmesser ist daher für die Lichtstärke des Fernrohres (103,205f) dann von Bedeutung, wenn die Augenpupille größer als die Austrittspupille des Fernrohres ist. Im Gegensatz zum Galilei-Fernrohr können daher eher Lichtverluste auftreten. Eine ausreichende Helligkeit bzw. Beleuchtung ist erforderlich.

Weitere Nachteile sind das umgekehrte Bild und die größere Baulänge. Der große Vorteil des Kepler'schen Systems liegt in der besseren Bildqualität durch geringere optische Fehler. Durch eingefügte Blenden in der Ebene des reellen Zwischenbildes wird das Gesichtsfeld scharf begrenzt.

Aus diesen Gründen können gegenüber dem Galilei'schen Fernrohr höhere Vergrößerungen mit guter Abbildungsqualität erreicht werden.

5.2.5.4 Modifikation des Kepler-Systems

Um das "astronomische" Fernrohr wie das holländische auch als "terrestrisches" (d. h., zur Durchführung von Beobachtungen auf der Erde) nutzen zu können, ist eine Bildumkehrung erforderlich. Dies geschieht am einfachsten nach Kepler durch eine Umkehrlinse D_3 mit dem Abstand $(f_1 + 2 f_3)$ vom Objektiv und $(f_2 + 2 f_3)$ vom Okular (117,159f). Dadurch wird das System jedoch um 4 mal f_3 länger!

Das Porro-Prisma (Abb. 35)(Porro, 1800 - 1875) erzeugt eine spiegelsymmetrische Bildumkehrung in einer Ebene.

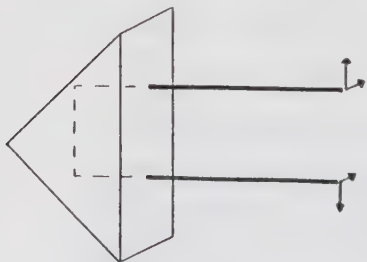


Abb. 35 Porroprisma

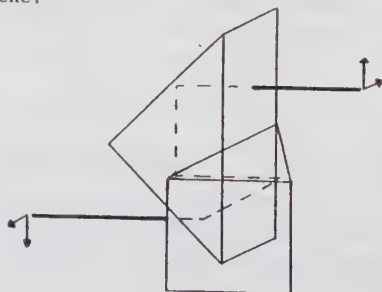


Abb. 36 kombinierte Porroprismen
(modifiziert nach (103,222))

Die Kombination zweier senkrecht zueinander angeordneten Porro-Prismen, deren Hypotenusenflächen nur zur Hälfte aufeinander liegen (s. Abb. 36), ermöglicht eine komplette Bildumkehrung (117,173;103,221f). Der einfallende Lichtstrahl verläuft parallel zum ausfallenden, wird allerdings versetzt. Die vierfache Knickung des Strahlenganges verkürzt die Baulänge. Dieses Prinzip wird hauptsächlich in Feldstechern angewandt.

Neben anderen Umkehrprismen wurde das Hensoldt-Prisma entwickelt, das eine "Dachkante" aufweist (auf eine der Prismenkatheten ist dachartig ein weiteres Prisma mit zueinander senkrechten "Dach"-Flächen aufgesetzt). Es zeichnet sich durch eine nur geringe Parallelversetzung aus (103,223f).

Daraus entstand das Pechan- oder Schmidt-Prisma, das 1969 von der Firma Zeiss herausgebracht und in einem kleinen Taschenfernglas eingebaut wurde (32). Dieses Umkehrsystem ist klein und geradsichtig (d. h., ohne Parallelverschiebung). Die Baulänge des Systems ist durch mehrfache Umlenkung des Strahlenganges erheblich kürzer (Abb. 37).

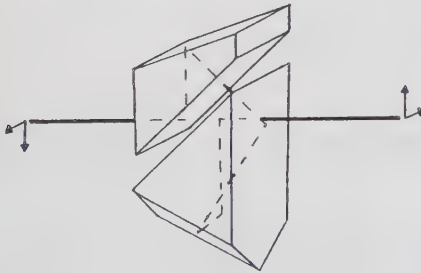


Abb. 37 Pechan- oder Schmidt-Dachkantprisma
(nach (51,11))

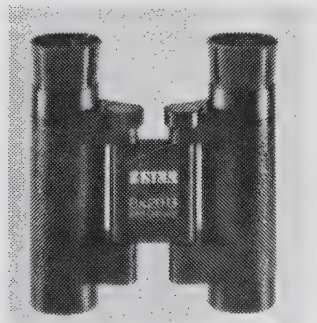


Abb. 38 Zeiss 8 x 20

Das erste derartige Prismenteleskop mit achtfacher Vergrößerung und einem Objektivdurchmesser von 20 mm (8 x 20) war 88 mm lang, das Gewicht betrug binokular 170 g (Abb. 38) und monokular nur 48 g (6,12). Trotz der sehr geringen Ausmaße erreicht es eine hervorragende Abbildungsqualität.

5.2.5.5 Modifikationen für die Nähe

Der niederländische Optometrist W. J. Biessels baute dieses kleine Fernrohr um (6,12f;7,84ff;8,1089f), indem er den Tubus auf 5,5 cm verkürzte und dafür eine zusätzliche, plankonvexe Linse einsetzte. Diese besaß eine um 5 dpt. stärkere Brechkraft, als es zum Ausgleich der Verkürzung erforderlich gewesen wäre. Das System besaß daher in 20 cm Abstand seinen Scharfpunkt. Das Gewicht betrug etwa 37 g. Das für die Nähe umgebaute, kleine Fernrohr wurde in eine Brillenfassung montiert, die erste **Prismenfernrohrlupenbrille** war geschaffen. Die Veröffentlichung erfolgte beim optischen Kongress in Amsterdam 1971.

Analog zu dem für Fernrohrlupen Gesagten kann der Arbeitsabstand bei einer Prismenfernrohrlupe erstens mit Hilfe konvexer Vorsatzlinsen und zweitens durch Verstärkung des Objektivs verkürzt werden. Dasselbe wird durch eine Veränderung des Abstandes von Okular und Objektiv erreicht.

Für die Gesamtvergrößerung gilt wie bei der Fernrohrlupe (103,239):

$$V_{\text{ges}} = V_{\text{Lupe}} \cdot V_{\text{Fernrohr}} \quad (-27-)$$

Sind die Teilvergrößerungen unbekannt, kann die Gesamtvergrößerung nach der folgenden Formel errechnet werden, die man aus (-24-), (-26-) und (-27-) erhält (8,1091):

$$V_{\text{ges}} = \frac{D_1 \cdot (a_L \cdot D_2 - 1) - D_2}{4} \quad (-29-)$$

Der Linsenabstand kann bestimmt werden, wenn die Gesamtvergrößerung festgelegt ist:

$$a_L = \frac{4 \cdot V_{\text{ges}} + D_2 + D_1}{D_1 \cdot D_2} \quad (-29a-)$$

Die Beziehungen von Fernrohr- und Gesamtvergrößerung, Lupenstärke und Abstand können aus Abb. 24 (s. S. 52) abgelesen werden.

5.2.5.6 Prismenlupenbrillen - Einzelne Systeme

1978 brachten die Firmen Zeiss und Keeler Prismenlupenbrillen für Sehbehinderte heraus. Tabelle 9 beschreibt die Funktion der unterschiedlichen Systeme (32;29).

System	Funktion
Zeiss Prismenlupenbrille A (Abb. 39)	3,8 fache Vergrößerung im Unendlichen, mit Vorsatzlinsen bis zu 10, neuerdings für Einzelfälle bis zu 14 fache Nahvergrößerung möglich. Neu (1986) sind auch doppelt schwenkbare Aufsteckgläser.
Prismenlupenbrille B	Durch Veränderung des Linsenabstandes kann stufenlos von 3,8 bis 6 fach variiert werden mit entsprechender Verkürzung des Arbeitsabstandes.
Prismenlupenbrille C (Abb. 40)	Binokulares System für die Ferne (3,8 fach), optischer Aufbau wie A. Bei Verwendung von Vorsatzlinsen wird die Gegenseite okkludiert.
Prismenlupenbrille D	4, 5, 6 oder 8 fache, binokulare Vergrößerung in der Nähe mit entsprechender Konvergenz der Einzelsysteme
Prismenlupenbrillen E+F	In erster Linie für operative Zwecke gedachte, binokulare Systeme mit 3 bis 8 facher Vergrößerung und etwas kleinerem Arbeitsabstand gegenüber D. Sie werden mit Hilfe einer Klemhalterung an einer gewöhnlichen Brille bzw. (F) an einem Stirnreif befestigt.
Keeler LVA 45	Mon- und binokular zu verwendende Prismenlupe mit 3,8 facher Vergrößerung und stufenlos variablem Abstand von 2 m bis ∞ . Außerdem Vorsatz von zwei Konvexlinsen.
Keeler "Panoramic Loup"	Binokulares System, wird an einer Brille befestigt und kann nach oben geklappt werden. Zwei Vergrößerungen mit je drei Arbeitsabständen werden angeboten.

Tabelle 9 Prismenlupen für Sehbehinderte
(nach Herstellerinformationen)

Optisch bestehen zwischen den Prismenlupenbrillen der Firma Zeiss keine wesentlichen Unterschiede. In Tabelle 10 ist daher nur die Prismenlupenbrille A aufgeführt. Das Gewicht der Prismenlupenbrillen B und D bis E beträgt 52 bzw. 88 g.

Seit kurzem bietet die Firma Eschenbach ein Gestell an, in das die Miniprismenteleskope des Herstellers eingesetzt werden können. Auf diese Weise entstehen Prismenfernrohrbrillen mit stufenlos variablem Abstand. Sie sind in Tabelle 11 aufgeführt.

	Vergrößerung des Fern- rohrteiles	Arbeits- abstand cm	Gesamt- vergrö- serung	Sehfeld cm	subjektive Bildgröße	Gewicht g	Preis* IM
Prismenlu- penbrille A	3,8 x 30 bis 15,5	∞ 4 x bis 10 x	3,8 x 4 x bis 10 x	1,1m/5m 5,2 bis 2,1	0,85	33	904
LVA 45	3,8 x add + 2 add + 4	2m - ∞ 57 - 40 32 - 28	3,8 x bis 4,7 x	0,7/5m 7,0-5,6 4,0-3,3	0,5	30	1822
Panoramic Loup	ca. 4 x ca. 6 x	42, 34 und 50	ca. 4 x ca. 6 x	6,0-3,2 5,0-2,7	0,5 0,65		**

Tabelle 10 Prismenlupenbrillen

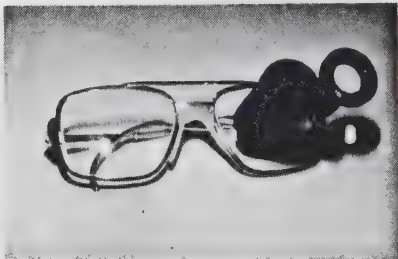


Abb. 39 Prismenlupenbrille A



Abb. 40 Prismenlupenbrille C
(rechts für die Nähe okkludiert)

* durchschnittliche Angaben für ein System incl. MwSt. Stand 1/86

** in Deutschland nur auf Sonderbestellung erhältlich

Zusammenfassender Vergleich:

Die Grundvergrößerungen der Systeme unterscheiden sich nur wenig. Die Zeiss-Prismenlupenbrillen vergrößern mon- und binokular am stärksten (bis zu 10 bzw. 8 fach) und besitzen das größte Sehfeld. Das "Baukastenprinzip" ermöglicht durch den Austausch der Vorsatzlinse den Wechsel von der Ferne zur Nähe (monokular) bzw. eine Änderung der Nahvergrößerung. Die Systeme liefern ein einwandfreies Bild. Erwähnt werden sollte, daß die erhältlichen Kassenkinderbrillengestelle meist zu groß sind. Dies kann auch die Anpassung bei sehbehinderten Kindern erschweren.

5.2.5.7 Vergleich mit Fernrohlupenbrillen

Ein Prismenlupensystem erzielt aufgrund der optischen Eigenschaften des Fernrohrteils gegenüber einer Fernrohlupe eine höhere Vergrößerung mit auch peripher guter Bildqualität. Die Vorsatzlupe trägt weniger zur Vergrößerung bei, so daß der Arbeitsabstand größer ist. Daher sind auch binokular höhere Vergrößerungen (bis etwa achtfach gegenüber dreifach) möglich (s. Abb. 24). Das Gesichtsfeld ist etwa gleich groß.

Irisdefekte werden durch die Austrittspupille des Keplersystems ersetzt. Einäugig aphake Sehbehinderte können ohne eine weitere sphärische Korrektur (!) mit einem binokularen Prismensystem versehen werden (8,1097).

Der Vorteil des Galilei-Systems liegt neben dem einfachen Aufbau in der größeren Lichtstärke. Außerdem besitzen die Galilei-Fernrohlupen durchschnittlich ein um 30% geringeres Gewicht als die Prismenlupen. Wegen der geringeren Vergrößerung ist die Tiefenschärfe höher.

5.2.5.8 Grenzen der optischen Nahvergrößerung

Die Nachteile einer höheren, optischen Nahvergrößerung sind ein kleines Gesichtsfeld, die geringe Schärfentiefe, ein mehr oder weniger kurzer Leseabstand und die zunehmende Schwierigkeit einer ruhigen Fixation, da Bewegungen des Leseables bzw. des Kopfes ebenfalls vergrößert werden. Deshalb eignen sich Prismensysteme mit höheren Vergrößerungen vorwiegend für jüngere Patienten. Höhere als zehnfache, optische Nahvergrößerungen sind für den Sehbehinderten nur bedingt brauchbar.

5.2.5.9 Teleskope für Sehbehinderte - einzelne Systeme

Binokulare, geradsichtige Dachkantprismensysteme als gewöhnliche Fernrohre werden inzwischen von vielen Herstellern produziert. Ausführungen, die mit einem Mitteltrieb versehen sind, ermöglichen ein beidseitiges Scharfstellen an nur einem Schraubrad. Für den Sehbehinderten sind besonders die seit etwa vier Jahren angebotenen, sehr kleinen Fernrohrmonokulare interessant, die unauffällig gehandhabt und leicht mitgetragen werden können. Sie dienen der **kurzzeitigen, vergrößerten Betrachtung** z. B. von Bahnhofsanzeigen, Hausnummern, Verkehrsampeln, etc. Die Entfernungseinstellung und der sphärische Refraktionsausgleich erfolgen durch Variation der Baulänge. Da die Nahfokussierung einiger Teleskope bis zur gewohnten Leseentfernung reicht (s. Tabelle 11), können auch Preisschilder, Fahrpläne, Programmankündigungen oder dergleichen gelesen werden.

Abb. 41 zeigt das Zeiss Minifernrohr 3 x 12 B ("B" bedeutet die Verwendung von Brillenglasokularen. Diese besitzen einen umlegbaren Gummimirand, der ein weiches Auflegen auf die Brille mit sehr kurzer Okulardistanz gestattet. Dadurch kann auch der Brillenträger das gesamte Sehfeld wahrnehmen). Es besitzt ein großes Sehfeld trotz kleiner Abmessungen.



Abb. 41 Zeiss 3 x 12 B

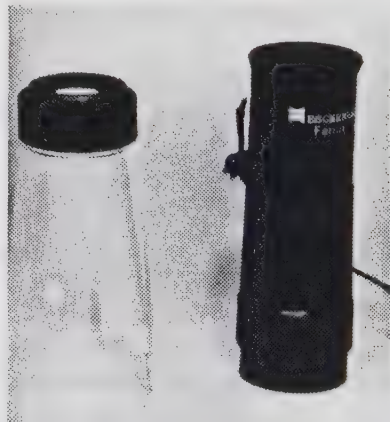


Abb. 42 Eschenbach 8 x 30

Die Eschenbach Fernrohre 8 x 20 (Abb. 40) und 8 x 30 können auf eine dreifach vergrößernde Plexiglasstandlupe geschraubt und als 25 fach vergrößerndes Standmikroskop genutzt werden. Das 8 x 30 erlaubt darüber hinaus mit einer Vorsatzlinse eine zehnfache Vergrößerung in 26 cm Arbeitsabstand.

Die Prismenteleskope 2,8 fach und 4,2 fach der Firma Keeler entsprechen optisch weitgehend den 2,75 fach bzw. vierfach vergrößernden Eschenbach-Monokularen. Das Fingerringssystem LVA 33 ist ein Galilei-fernrohr (27,14).

Tabelle 11 vergleicht Kleinteleskope für Sehbehinderte.

Die Austrittspupille (s. S. 63) errechnet sich aus (103,206)

$$AP = \frac{\text{Objektivdurchmesser}}{\text{Vergrößerung}} \quad (-30-)$$

Sie spielt dann eine Rolle, wenn die Augenpupille größer ist als sie. Der Blick durch das Fernrohr erscheint dunkler als ohne Instrument.

Die physikalische Lichtstärke TT wird folgendermaßen bestimmt:

$$TT = \tau \cdot AP^2 \quad (103,206) \quad (-31-)$$

Die Lichtdurchlässigkeit τ optisch vergüteter Teleskope beträgt etwa 0,8 (103,206).

	Mindest- abstand cm	Maximale Nahver- größerung	Sehfeld m/5m	subj. Bild- größe	AP mm	physikal. Lichtst. TT	Gewicht g	Preis* DM
Zeiss								
3 x 12 B	27	5 x	1,0	0,6	4	12,8	54	335
6 x 20 B	170		0,6	0,7	3,3	8,7	48	265
8 x 20 B	300		0,6	0,95	2,5	5,0	48	265
Eschenbach								
2,75 x 8	15	3,4 x	1,1	0,6	2,9	6,7	25	298
4 x 12	20	7 x	1,1	0,9	3,0	7,2	55	289
6 x 16	25	7,6 x	0,9	1,1	2,7	12,8	60	278
8 x 20	30	8 x	0,6	0,95	2,5	5,0	90	289
8 x 30	52 (26)	8 x (10 x)	0,75	1,2	3,8	11,6	210	375
Keeler								
LVA 33	40	2 x	1,0	0,4	-	-	15	600

Tabelle 11 Kleinteleskope für Sehbehinderte

(die Daten wurden teilweise Herstellerinformationen entnommen, teilweise berechnet)

Zusammenfassender Vergleich:

Diese kleinen Fernrohre können überall mitgetragen werden und bieten eine sehr gute, optische Qualität. Sie dienen in erster Linie dem kurzfristigen Erkennen entfernter Objekte oder schriftlichen Informationen. Bei den höher vergrößernden Teleskopen verwackelt leicht das Bild, wenn der Benutzer sie nicht ruhig in der Hand hält. Mit den meisten dieser Systeme können auch Texte in kurzer Entfernung (Preisschilder, Fahrpläne etc) gelesen werden.

Das durch die Fernrohre sichtbare Blickfeld ist groß. Dem Brillenträger fällt bei den Eschenbach-Systemen ein scheinbar kleineres Sehfeld auf, da er das Okular wegen seines Brillenglases nicht direkt vor das Auge halten kann. Das gesamte Sehfeld wird erst nach Abnehmen der Brille wahrgenommen. Dieses Problem erübrigt sich, wenn "Brillenglasokulare" (s. o.) verwendet werden, wie es bei den Zeiss-Systemen der Fall ist. Die sechs- und achtfach vergrößernden Eschenbachmonokulare können im Gegensatz zu den Zeiss-Fabrikaten auf nähere Objekte fokussiert werden, das Zeiss 3 x 12 dagegen bis auf 27 cm. Die Zeiss-fernrohre sind leichter.

5.2.5.10 Optisches Lesegerät auf Prismenfernrohrbasis

1982 stellte J. Reiner ein "Lesegerät für Sehbehinderte" vor (102, 63ff). Es besteht aus einem handelsüblichen, mon- oder binokularen Kleinteleskop, einem Spiegelsystem und einer Stativhalterung. Das Stativ stellt in Verbindung mit einem Kreuzschlittentisch (s. S. 74), auf dem sich das Lesegut befindet, eine stabile Auge-Objekt-Beziehung mit Einhalten der Schärfenebene her. Das Auge schaut in einem Winkel von 30° zur Senkrechten in das Gerät hinein, so daß eine krumme Haltung des Patienten vermieden wird. Der freie Arbeitsabstand von 210 cm ermöglicht es, auch Handarbeiten und dergl. durchführen zu können.

5.3 Vergrößernde, elektronische Lesehilfen

Wenn optische, vergrößernde Lesehilfen keine Hilfe mehr bringen (d. h., der Visus im Allgemeinen zwischen 1/10 und weniger liegt (12,279)), kann ein Versuch mit einem elektronischen Lesegerät durchgeführt werden. Über große Erfolge wird berichtet (11,723;16,22f). Voraussetzung ist auch hier ein funktionsfähiges Mindest Gesichtsfeld. Als "elektronisches Lesegerät" im engeren Sinne (auch "Fernsehlesegerät") wird eine Kombination aus einer (Video-) Kamera und einem Bildschirm bezeichnet, auf dem ein unter die Kamera gelegtes Schriftstück stark vergrößert erscheint. Einige neuere elektronische Lesegeräte erzeugen die Buchstaben mit Hilfe eines Computers.

5.3.1 Geschichtliche Bemerkungen

1949 erreichten Kraupa (81,945f) und später die amerikanische "Foundation for the Blind" (73,2366) durch Projektionsverfahren mit Hilfe eines Epidiaskopes eine bis zu 20 fache Vergrößerung. Wegen des mangelnden Kontrastes, der auch mit hellen Lampen nicht geschaffen werden konnte, waren die Systeme praktisch unbrauchbar. Einen besseren Kontrast bot die Projektion von Mikrofilmen.

Auf dem Kongress der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) in Heidelberg wurde 1956 eine Anordnung aus Videokamera und Monitor vorgeführt. Sie diente der Darstellung verschiedener Vorgänge zu wissenschaftlichen Zwecken (119,258f).

1959 stellten Potts, Volk und West in den USA erstmalig eine elektronische Lesehilfe mit zehnfacher Vergrößerung vor (99,580f). Der amerikanische Mathematiker Samuel M. Genensky arbeitete dieses Verfahren ab 1966 weiter aus (10,982). Er war selbst sehbehindert und hatte auf dem funktionell einzigen Auge einen Visus von etwa 1/50 mit eingeschränktem Gesichtsfeld (43,520). Die RAND-Cooperation, bei der er angestellt war, verhalf ihm zur Entwicklung eines kommerziell lieferbaren "Randsight-Lesegerätes". 1968 veröffentlichte er seine Erfahrungen (43).

1971 wurde dieses Gerät auf die Initiative des Vaters eines 10-jährigen, sehbehinderten Knaben der DOG in Heidelberg vorgestellt (13). Der Vater hatte in einem Magazin von dem Gerät gelesen (17). Auf die Veranlassung der Universitäts-Augenklinik Heidelberg begann die Firma Reinecker mit der serienmäßigen Produktion elektronischer Lesegeräte (10,982). Die Technik wurde verbessert, u. a. wurde zur Kontraststeigerung eine Kaltlichtlampe eingebaut und die Scharfeinstellung mit der stufenlos einstellbaren Vergrößerung gekoppelt (73,2366). Heute bieten mehrere Firmen Fernsehlesegeräte an.

5.3.2 Funktion und Bedienung elektronischer Lesegeräte

Die Vergrößerung der Textvorlage (bis zu 40 fach, in Einzelfällen höher) geschieht

- optisch durch das Kameraobjektiv, und
- elektronisch durch "Zeilen spreizung" des elektronisch bereits in einzelne Punkte zerlegten Bildes. Im Gegensatz zur optischen Vergrößerung wird die Bildinformation nicht höher, da lediglich der Abstand der Bildpunkte vergrößert wird.
- Computersynthetisierte, vergrößerte Buchstaben eines Textverarbeitungssystems erscheinen im Gegensatz zu den "analog" vergrößerten schärfer, da das volle Bildschirmauflösungsvermögen ausgenutzt wird. Verfahren, die von einer Kamera aufgenommene Texte mit Hilfe eines Buchstabenerkennungssystems neu synthetisieren, um eine bessere Bildqualität zu erhalten, sind problematisch und kommerziell bisher nicht existent.

Mit zunehmender Vergrößerung erfolgt eine Kontrastverstärkung. Eine hohe Vergrößerung liefert allerdings einen kleinen Bildausschnitt, wodurch das Lesen erschwert wird. Eine mehr als 25 fache Vergrößerung ist in der Regel nur bei kleiner Schriftvorlage sinnvoll (55). Bei weniger als etwa zehnfachen Vergrößerungen entsteht ein undeutliches Bild, da das Auflösungsvermögen des aus Punkten zusammengesetzten Bildschirmbildes zu schlecht ist.

Elektronische Lesegeräte werden zwar als "Fernsehlesegeräte" bezeichnet, sind jedoch meist mit einem herkömmlichen Fernsehgerät nicht kompatibel, da Zeilenzahl und Bildfrequenz nicht übereinstimmen.

Die Kamera kann fest montiert oder als Handkamera konstruiert sein. Im ersten Fall ist sie an einem Stativ befestigt oder in das Gehäuse des Bildschirms integriert. Bei festmontierter Kamera geschieht die Bewegung des Lesegutes mit Hilfe eines sogenannten Kreuz- oder Kreuzschlittentisches (siehe auch S. 72), einer flachen Leseunterlage, die in horizontaler Ebene in allen Richtungen bis zum Anschlag frei beweglich ist. Entsprechend dem Ablauf der Lesebewegungen läuft sie in Richtung der x-Achse leichtgängiger als in Richtung der y-Achse. Ein zu leichtgängiger Kreutztisch verrutscht oder verwackelt das Bild.

Der Kreuzschlittentisch mit Motorantrieb wird von einem Steuerpult aus bedient. Er ist eine Hilfe für Patienten, die den Lesetisch nicht mit der Hand bewegen können. Der Rücklauf erfolgt automatisch nach Erreichen des Zeilenendes.

Im zweiten Fall sind Kamera, Optik und Beleuchtung in einem kleinen Gehäuse eingebaut. Dieses wird manuell über das Lesegut geführt, was eine ruhige Hand des Patienten erfordert. Bei kleiner Vergrößerung erscheint das Bild durch die kurze Brennweite leicht verbogen. Der Lesetext ist durch den geringen Abstand zur Lichtquelle oft unregelmäßig ausgeleuchtet. Teile des Lesegutes können durch Unter- oder Überbelichtung schlechter lesbar werden. Die Handkamera kann auch als fixe Kamera genutzt werden, in dem man sie an einem Stativ befestigt und das Lesegut bewegt.

Der Patient kann die Entfernung zum Bildschirm wählen, wie es ihm am angenehmsten ist. Im Gegensatz zu den optischen Hilfen muß der Leseabstand nicht genau eingehalten werden.

Als Bedienungselemente stehen Regler für Vergrößerung, Schärfe, Helligkeit und Kontrast zur Verfügung. Nach Einstellen des optimalen Kontrastes wird die Helligkeit darauf abgestimmt (16,21). Meist besteht die Möglichkeit einer elektronischen Zeilenabdeckung, ebenso einer Umschaltung auf Negativbild ("weiß auf schwarz"). Einige Patienten erreichen damit bessere Ergebnisse, da weniger Blendung auftritt (73,2366). Außerdem flimmert das Bild durch den geringeren Hellanteil weniger. Bei einigen Geräten kann das Bild zur gleichzeitigen Abbildung von zwei Textvorlagen horizontal geteilt werden. Ferner wird ein grünes Schriftbild angeboten. Patienten mit tapetoretinaler Degeneration bevorzugen dieses manchmal (58,87). Wegen der Nachteile (orangefarbenes Nachbild, Kontrasteinbuße u. a.) sollte jedoch im Allgemeinen abgeraten werden (67,110f).

5.3.3 Einzelne Geräte

Elektronische Lesegeräte werden in Deutschland von der Firma Reinecker hergestellt. Das Tischgerät "Videomatic Z" besteht aus einer Stativkamera mit Kreuztisch und einem daneben aufgestellten Monitor. Der große Bildschirm ermöglicht hohe Vergrößerungen bei ausreichendem

Gesichtsfeld, nimmt allerdings viel Platz in Anspruch. Manche Patienten stört es außerdem, daß der Bildschirm seitlich und nicht vor ihnen steht.

Die Kamera des Standgerätes "Videomatic Eg" (Abb. 43) ist in das Gehäuse des Monitors eingebaut. Die Bedienung mit nebeneinander angeordneten Drehknöpfen ist einfach und übersichtlich.

Der Bildschirm der kleineren Ausführung "Videomatic B" ist in Anlehnung an die Lesephysiologie fast doppelt so breit wie hoch konstruiert, um Platz und Gewicht zu sparen. Die Buchstaben erscheinen in senkrechter Achse gedehnt, da sie vertikal stärker als horizontal vergrößert werden.

Das Gerät "Videomatic C" gestattet eine Farbwiedergabe für schulisch und beruflich speziell interessierte Patienten (Elektronik, Biologie, etc.). Der Kontrast ist für hochgradig Sehbehinderte zum Lesen von Schwarzschrift zu schwach (12,280).

Die beiden Ausführungen der "Fernsehlupe" (PN 5000, PN 324, Firma Philips, Holland) lassen sich vom Aufbau her mit den Geräten "Videomatic Eg" bzw. "Videomatic Z" vergleichen. Die Bedienungselemente sind ebenfalls gut zugänglich, jedoch etwas kleiner.

Das Gerät "Voyager" (Firma Visualtek, USA) stellt ein kompaktes Gerät mit eingebautem oder frei aufzustellendem Bildschirm dar. Die Drehknöpfe sind logisch angeordnet.

Der "Reader" (wahlweise Tisch- oder Standgerät) der dänischen Firma Tagarno besitzt eine technisch vielseitige Steuereinheit mit zahlreichen, unterschiedlichen Bedienungselementen, die besonders ältere

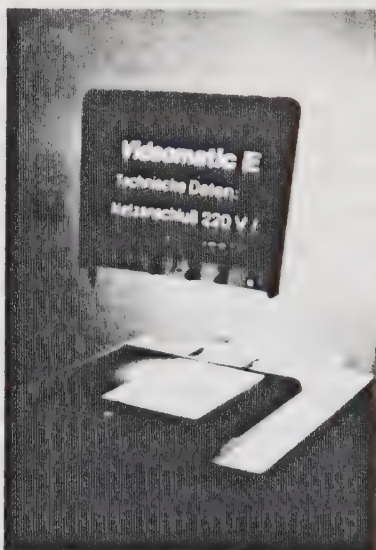


Abb. 43 Videomatic Eg

Leute verwirren können. Die "Videolupe" des gleichen Herstellers besteht aus einer Handkamera mit der gleichen Steuereinheit. Als Monitor dient ein gewöhnliches Fernsehgerät.

Das schwedische Fernsehlesegerät "Magnivision" (schwenkbarer Monitor und Handkamera, die in einer Halterung auch als Stativkamera funktioniert) besitzt als zusätzliche Funktionen u. a. das Einbringen von Hilfslinien, die Möglichkeit, das Bild auch vertikal zu teilen und ein Optik für Fernbetrachtungen. Die vielen Schalter und Drehknöpfe erscheinen ebenfalls für ältere Menschen irritierend.

Das Gerät "Magnilink" wird an einen handelsüblichen Fernsehbildschirm angeschlossen. Das Etui des Steuerteiles kann die Kamera aufnehmen und nach Aufsetzen des Deckels als Koffer getragen werden. Die Bedienelemente sind etwas eng in einer Vertiefung untergebracht.

Ein anderes Prinzip liegt der neuseeländischen Produktion "Viewscan" (Abb. 44) zugrunde. 7000 Leuchtdioden erzeugen das Bild auf einem flachen Schirm. Ein zwei Daumen großer, etwa 80 g schwerer Bildsensor wird auf kleinen Rädchen über das Schriftgut gefahren. Er erfaßt dabei in Form von senkrechten Punktreihen die Helligkeit der Vorlage über eine Glasfaseroptik und gibt die Information an die Leuchtpunkte weiter, die der Vorlage entsprechend aufleuchten. Das Lesegut erscheint wie eine durchlaufende Leuchtschrift, deren Bewegung innehält, sobald



Abb. 44 Elektronisches Textsystem "Viewscan",
angeschlossen an einen BASIC-kompatiblen Kleincomputer

die Rädchen der kleinen Kamera keinen Bewegungsimpuls mehr erfahren. Das zuletzt erfaßte Bild bleibt dann bestehen. Durch das geringe Gewicht und die Möglichkeit, mit Hilfe von Nickel-Cadmium-Akkus auch netzunabhängig arbeiten zu können, eignet sich dieses flache Gerät zum Mitnehmen in Hörsaal, Bibliothek, Arbeitsplatz etc. Der Anschluß an einen Computer mit speziellen Textverarbeitungsprogrammen (Abb. 44) erweitert den Einsatzbereich (82,14f).

Tabelle 12 vergleicht technische Daten und Eigenschaften der erwähnten Lesegeräte.

	Z	Videomatic		C	Fernseh- lupe	Voyager	Video- lupe*	Reader	Magni- vision	Magni- link*	View- scan
Vergrößerung	5-60	3-45	3-40	10-30	3-32/24	3-30/45	5-30	3-40	13-38	3-40	4-64
Bildschirmgröße cm	61	44	37	56	44/61	28	-	50	43	-	23x8
Platzverbrauch	+++	++	++	+++	++(+)	++	+	+++	+++	+	(+)
Transportfähigkeit	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	+	(-)	(-)	+	++
einfache Bedienung	(+)	+	+	(+)	(+)	+				(+)	
einbrennsichere Kamera				x			x	x		x	(x)
Bildteilung					(x)	x	x	x	x		
Anschlußmöglichkeiten					(x)	x	x	x	xx	(x)	xxx
Tischgerät	x		x	x	x	x		x	x		x
Standgerät		x						x			
Handkamera							x		x	x	x
Gewicht kg	55	35	25	65	50/38	17,5	3,5 *	46;64	17,3	9,5 *	4,3
Preis ** IM	7570	6182	5677	10636	4950 5415	5928	4532	8123 8750	8669	4500	9576

Tabelle 12 elektronische Lesegeräte
(Die Angaben in der zweiten Spalte sollen nur einen groben Vergleich ermöglichen. Die übrigen Daten wurden Herstellerangaben entnommen.)

Zusammenfassender Vergleich:

Wegen der einfachen Bedienung bewähren sich besonders die Geräte "Videomatic Eg" und der "Voyager", dessen Bildschirm allerdings etwas klein ist. "Magnilink" stellt einen Kompromiß zwischen Mobilität und einfacher Bedienung dar. Die schwedischen und dänischen Fabrikate sind technisch vielseitig, dadurch jedoch umständlich zu

* ohne Bildschirm, Anschluß an handelsüblichen Fernsehbildschirm

** Angaben incl. MwSt., Stand 4/86

bedienen. Das Gerät "Viewscan" liefert ein kontrastreiches, gut lesbares Bild, ist transportabel und nicht schwer zu bedienen. Es eignet sich besonders für Unterricht und Studium. Nachteilig ist der hohe Preis.

Hinsichtlich Bildqualität, Tiefenschärfe und Flimmern unterscheiden sich die aufgeführten Fernsehlesegeräte nur wenig. Das Flimmern wird (z. B. bei den Reinecker-Geräten) reduziert durch Vermeiden des in der Fernsehtechnik üblichen "Zeilensprunges", d. h., es wird Zeile für Zeile geschrieben (100). Die Bildfrequenz läßt sich wegen der Trägheit der herkömmlichen Videokameras derzeit nicht wesentlich über die jetzige Norm von 24 Hz steigern. Erst bei guten Computerbildschirmen mit einer Bildfrequenz von etwa 80 Hz, die kameraunabhängig sind, ist kein Flimmern mehr wahrzunehmen. "Viewscan" flimmert nicht; hier liegt ein anderes technisches Prinzip zugrunde.

Der Flimmereffekt und das manchmal etwas verschwommene Schriftbild wird jedoch von den Sehbehinderten nicht als störend empfunden. Für Patienten, die dies als unangenehm beklagen, kommt meist ein elektronisches Lesegerät (noch) nicht in Frage, da sie wegen ihrer besseren Sehschärfe auch mit optischen Hilfsmitteln versorgt werden können (10,984;12,280). Die Stärke der Fernsehlesegeräte liegt im höher vergrößernden Bereich. Bei kleinerer Vergrößerung sind Auflösung und Abbildungsqualität zu schlecht.

Nachteile der Fernsehlesegeräte sind Unhandlichkeit und Preis. Sie ermöglichen jedoch dem interessierten Sehbehinderten, dem optische Hilfsmittel nicht mehr helfen, wieder am Informationsfluß teilzunehmen und seine Privatangelegenheiten selber zu regeln.

5.3.4 Weitere elektronische Hilfen für hochgradig Sehbehinderte

"Bildschirmtextdarbietungssysteme" erhalten die Textinformation nicht "analog" von einer Kamera, sondern "digital" kodiert von einem Computer. Es handelt sich um Textverarbeitungssysteme mit vergrößerter Abbildung der Buchstaben auf dem Bildschirm. Die Vergrößerung geschieht mit Hilfe von Großbildprozessoren (82), die in passiver

Arbeitsweise (d. h., ohne eine zusätzlich erforderliche Software) die Textzeichen in der gewünschten Größe abbilden. Das Auflösungsvermögen des Bildschirms wird im Gegensatz zu den kameragesteuerten Fernsehlesegeräten maximal ausgenutzt, so daß klare, scharf begrenzte Zeichen entstehen. Der Text läuft von rechts nach links durch. Größe und Laufgeschwindigkeit werden vorgewählt. Außerdem kann der Bildausschnitt über einen Steuerknüppel horizontal und vertikal nach allen Richtungen verschoben werden. Mit Hilfe definierter Marken lassen sich bestimmte Textstellen "anspringen".

Eine Kombination aus geeignetem Personalcomputer mit Textverarbeitungssoftware, Großbildprozessor, herkömmlicher Videokamera mit Kreutz Tisch und einem Bildschirm, der auf der einen Bildhälfte die Kameravorlage und auf der anderen den eingegebenen Computertext vergrößert abbildet, stellt als **Büroarbeitsplatz** einen wesentlichen, wenn auch kostspieligen Beitrag zur beruflichen Rehabilitation Sehbehinderter dar (Firmen Baum Elektronik, Papenmeier, s. Anhang).

Das Medium Bildschirmtext ("Btx") erlaubt es, nach Anwählen der Textzentrale über Telefon, auf dem eigenen Fernsehgerät optische Informationen zu erhalten. Eine vergrößerte Darbietung ist entweder durch eine primäre Sendung von Texten mit Großbuchstaben oder durch eine sekundäre Vergrößerung des Textes unter Reduktion des Bildausschnittes möglich (59,90).

Eine weitere Informationsquelle für den Sehbehinderten könnten sich aus dem **Kabelfernsehen**-Projekt der Deutschen Bundespost ergeben. Spezielle Sendungen in einem der zwölf Programme sind denkbar.

Die nebenstehende Tabelle gibt einen zusammenfassenden Überblick über sinnvolle bzw. mögliche Nah(lese)vergrößerungen und die Vor- und Nachteile der aufgeführten Systemarten.

	sinnvolle bzw. mögliche Lesevergrößerung monokular	sinnvolle bzw. mögliche Lesevergrößerung binokular	Vorteile	Nachteile
Standlupen	mehr als dreifach meist nicht sinnvoll		- brillenunabhängig - fester Abstand, dadurch - einfache Handhabung	- kleines Gesichtsfeld oder nur geringe Vergrößerung
Handlupen	zum kurzzeitigen Entziffern; akzeptable Vergrößerung je nach Durchmesser		- brillenunabhängig	- ständiges Halten nötig - Handtremor - kleines Gesichtsfeld oder hohes Gewicht
einfache Lupenbrillen	bis etwa 5 fach	2 bis max. 3 fach	- großes Gesichtsfeld - leichte Textorientierung - geringes Gewicht - "normale" Brille - einfache Zentrierung - kurze Wartezeiten - geringer Kostenaufwand	- geringer Lesabstand - geringe Scharftiefe
Brücke'sche Lupenbrillen	bis 6 (8) fach	bis 3 (5) fach	- gewohnter Abstand - höhere, binokulare Vergrößerung möglich	- unruhigeres Bild - schlechte Bildqualität bei höherer Vergrößerung - geringe Scharftiefe - ungewohntes System - Gewicht
Fernrohr-Lupenbrillen	bis etwa 8 fach	bis max. 3 fach	- wie Brücke'sche Lupen, außerdem: - Fernvergrößerung - höhere Nahvergrößerung durch Linsenwechsel	- binokulare Nahvergrößerung erschwert
Prismenlupenbrillen	bis etwa 10 fach	bis etwa 8 fach	- sehr gute Bildqualität - größerer Arbeitsabstand - höhere, binokulare Vergrößerung	- unruhiges Bild - geringe Scharftiefe - ungewohntes System - Gewicht
elektronische Lesegeräte	bis etwa 40 fach		- abstandunabhängig - hohe Vergrößerung, auch binokular	- Platzverbrauch - Kostenaufwand

Tabelle 13 Zusammenfassung der Eigenschaften vergrößernder Sehhilfen (zusammengestellt nach dem bisher im Text Gesagten)

6 Bemerkungen zur Anpassung und Verordnung von vergrößernden Sehhilfen

Nachdem die Ursache für die Sehbehinderung geklärt und eine Verbesserung des Sehvermögens nicht mehr zu erzielen ist (s. S. 4ff), sollte vor einer Verordnung zunächst die weitere **Prognose** abgeschätzt werden, damit das Hilfsmittel nicht nach kurzer Zeit wertlos wird. Besonders bei Erkrankungen mit häufig progredientem Verlauf, wie z. B. der feuchten Maculadegenerationen, ist es sinnvoll, den Patienten zur Verlaufsbeobachtung noch einmal einzubestellen und mit einer aufwendigen Verordnung zunächst abzuwarten (58,22). Bei schlechter Prognose, aber starkem Lesewunsch kann man ein System ausleihen oder ein Hilfsmittel verwenden, welches eine variable Vergrößerung zuläßt.

Erscheint das Sehvermögen stabil und ist ein normales Lesen nicht mehr möglich, ist die Ergründung der **geistigen Verfassung** und des **Lesewunsches** wichtig. Liegt großes Interesse vor, wird die "Übungsphase" eher in Kauf genommen und das Hilfsmittel weniger häufig "in der Schublade landen", als es bei einem Patienten der Fall ist, der nur gelegentlich und wenig lesen möchte. Der Wunsch nach Selbständigkeit (der ggf. ohne die Angehörigen erfaßt werden sollte) korreliert mit dem Lesebedürfnis (98,27).

Eine Computerperimetrie des Netzhautzentrums ("Maculaprogramm") stellt Zentral- und Parazentralskotome fest und gibt einen Hinweis auf die **Lesefähigkeit**. Ein praktischer Hinweis ist die Aussage, ob größere Texte (Zeitungsoberschriften oder Reklamesätze) noch gelesen werden können (98,100). Die Ermittlung der Vergrößerung, die zum Lesen von Zeitungsschrift ("Normalschrift") erforderlich ist, erfolgt am einfachsten mit Hilfe der Zeiss oder Keeler **Leseprobentafeln** (47; 105). In einem Leseabstand von 25 cm wird die Textgröße bestimmt, die der Patient gerade noch lesen kann. Die **erforderliche Vergrößerung** läßt sich unmittelbar ablesen. Entscheidend ist nicht das Erkennen einzelner Buchstaben ("Optotypenvision"), sondern das Lesen zusammenhängender Texte ("Lesevision"). Die Bestimmung erfolgt mon- und binokular mit optimaler Refraktion (s. S. 13f), der Nahaddition von + 4.0 dpt. und einer guten Beleuchtung (s. S. 15f).

Zur Überprüfung der **binokularen Sehleistung** können auf dem Prinzip des "Pola-Tests" basierende "binokulare Leseproben" hilfreich sein (48). Wenn möglich und sinnvoll, sollte ein beidäugiges Sehen angestrebt werden (s. S. 38).

Die Bildqualität vergrößerter Buch- oder gar Zeitungstexte ist jedoch schlechter als die der Großtexte der Leseprobentafel. Daher ist die Bestimmung der erforderlichen Vergrößerung genauer, wenn man fotografisch vergrößerte Originaltexte verwendet. Eine solche Leseprobentafel ist bisher nicht erhältlich.

Nach der Ermittlung der erforderlichen Vergrößerung als Vorabinformation erfolgt die eigentliche Erprobung. Es sollte im allgemeinen die kleinste, erforderliche Vergrößerung gewählt und diese mit den unkompliziertesten Mitteln erreicht werden (51,56;85,33). Bei geringerer Verminderung der Lesefähigkeit bieten sich einfache Lupenbrillen (z. B. überhöhter Nahzusatz) an (s. S. 37ff), die probatorisch aus einer Prüfbrille und Prüfgläsern der entsprechenden, positiven Brechkraft ($D = V \cdot x 4$, s. o.) zusammengesetzt werden, ggf. mit Prismenzusatz zur Konvergenzunterstützung. Kinder können anstelle einer Lupenbrille ihre Eigenakkommodation nutzen. Sie sind dadurch abstandsunabhängig (1,318). Ob mon- oder binokulare, mono- oder bifokale (Halb-) Brillen rezeptiert werden, ist abhängig von der erforderlichen Vergrößerung, dem Visusunterschied zwischen beiden Augen, der Refraktion (s. o.) und den Bedürfnissen des Patienten und muß dem Individualfall überlassen werden.

Manchmal kann ein Leseversuch mit einer Hand- bzw. Stand- oder -leuchtlupe einen Erfolg bringen, besonders, wenn der Patient mit vergrößernden Brillen nicht zurecht kommt oder er lediglich ein Hilfsmittel zum kurzzeitigen Lesen wünscht.

Sind höhere Vergrößerungen erforderlich, folgen Versuche mit zusammengesetzten Systemen (46). Zur Probe bieten sich Anpaßsätze an (z. B. von Zeiss, Keeler oder Eschenbach). Ob die Entscheidung Galilei-('Brücke' sche Lupe, Fernrohrlupe) oder Keplersystem (Prismenlupe) lautet, hängt davon ab, welche Nachteile eher gebilligt werden (s. S. 69) und mit welchem System der Patient am besten zurechtkommt. Je höher die erforderliche Vergrößerung, um so schwieriger ist es, ein geeignetes System zu finden. Entscheidend ist das Ergebnis von subjektiven Versuchen, die meist einige Zeit in Anspruch nehmen.

Kann auf diese Weise eine zufriedenstellende Leseleistung erreicht werden, soll der Patient mit aufgesetzter Prüfbrille eine Zeitlang alleine lesen, nach dem man ihn auf geringen Leseabstand, geringe

Schärfentiefe, das dadurch erschwerte Lesen, auf Haltung und Beleuchtung (s. o.) hingewiesen hat. Es bewährt sich, wenn zu diesen Instruktionen besonders bei älteren Leuten und Kindern eine Begleitperson mit anwesend ist, die zu Hause den Gewöhnungsvorgang an das ungewohnte Lesen unterstützt (Handhabung, Abstand, Beleuchtung, etc). Ohne derartige Anweisungen ist die Verordnung einer vergrößernden Sehhilfe wertlos, denn sie stellt immer nur einen Kompromiß dar (98,27;85,33).

Zur Unterstützung der Mobilität, als Hilfe in der Schule und bei älteren Menschen eventuell auch zum Fernsehen kann ein Kleinteleskop (s. S. 70) bzw. ein System für die Ferne (s. S. 58, 67) ausprobiert werden.

Wenn das ermittelte System zunächst ausgeliehen wird, kann nach einer Probezeit eher entschieden werden, ob der Betroffene damit zurechtkommt oder nicht. Wünschenswert ist die Zusammenarbeit mit einem versierten Augenoptiker (75), der auch Leihsysteme zur Verfügung stellt.

Bei einer mehr als zehnfachen, erforderlichen Vergrößerung bringt in der Regel nur ein elektronisches Lesegerät den gewünschten Erfolg. Lesetafeln mit entsprechenden Textgrößen (z. B. Firma Reinecker) lassen prüfen, ob ein Leseversuch mit einem elektronischen Lesegerät sinnvoll ist. Die Entscheidung, ob der Lesewunsch des Patienten die Anschaffung eines teuren Gerätes rechtfertigt, muß kritisch sein. Oft läßt die anfängliche Begeisterung nach einiger Zeit nach. Angaben über Dauer und Art der gewünschten Lektüre, geistiger Status, Aktivität und ein spontanes Einverständnis, sich an den Kosten zu beteiligen, erleichtern die Entscheidung.

Kinder und Jugendliche erlernen den Umgang mit der Sehhilfe meist leichter als ältere Menschen. Unvorhergenommenheit und geistiges Interesse sind nur zwei Gründe. Ihnen sollte man auch deshalb große Aufmerksamkeit widmen, weil sie noch ein ganzes Leben vor sich haben, für das die Sehhilfe entscheidende Weichen stellen kann (98,100).

Die Verordnung eines optischen, vergrößernden Hilfsmittels wird auf einem gewöhnlichen Brillenrezept ausgestellt. Es enthält Angaben über Refraktion, zentrale Sehschärfe, Lesevisus mit und ohne Vergrößerung, das ermittelte System (mon- oder binokular) und evtl. die Diagnose. Die mechanische Anpassung (Zentrierung, Bestimmung der Fassungsebene, etc.) geschieht durch den Augenoptiker (51,16ff;78,40ff).

Die Verordnung eines elektronischen Lesegerätes als Hilfsmittel im Sinne des § 182b der RVO erfolgt auf einem herkömmlichen Krankensenrezept, dem ein ärztliches Attest beigelegt wurde. Dieses enthält u. a. Angaben über die Erkrankung, das soziale Umfeld, die Indikation des Gerätes und die Erfolgsaussichten mit dem Gerät. Häufig fordert die Krankenkasse ein Gutachten einer Augenklinik an. Das Gerät bleibt offiziell Eigentum der Krankenkasse und wird nur geliehen. Für den beruflichen Bereich kommen die gesetzlichen Krankenkassen nicht auf. Kostenträger ist hier der Arbeitgeber.

Hat die Verordnung eines vergrößernden Hilfsmittels keinen Sinn, sollte der Patient je nach Situation auf Organisationen wie Blindenschulen, Selbsthilfegruppen (z. B. Retinopathia Pigmentosa Gesellschaft und Blindenbund (Hörbücherei, 62a)) verwiesen werden. Hochgradig Sehbehinderte erhalten einen Schwerbehindertenausweis (104,10ff) mit vielen Befreiungen bzw. Ermäßigungen (Steuer, öffentlicher Verkehr, Wohnung, Telefon, Rundfunk, Pflegegeld etc. (5a)).

Die Ausstattung mit einer optimalen vergrößernden Sehhilfe ist ein wesentlicher Bestandteil auch der beruflichen Rehabilitation. Darüber hinaus sollten auch soziale Hilfen, besonders (Um)schulungsmöglichkeiten, erwähnt werden. Berufe, die vermehrt von Sehbehinderten ausgeübt werden, sind kaufmännische Berufe, Tätigkeiten als Arbeiter(in), Masseur, Haushaltshilfe, Kinderpflegerin, etc. (15,1561;95,13ff).

Personensorgeberechtigte von Kindern müssen laut Sozialgesetzgebung auf die Behinderung und Beratungsmöglichkeiten hingewiesen (1,311), ggf. auch das Gesundheitsamt verständigt werden, um therapeutische Möglichkeiten und ggf. die Verordnung von Sehhilfsmitteln frühzeitig in die Wege leiten zu können (96,23f). Entscheidend für sehbehinderte Kinder ist die Einschätzung der richtigen schulischen Betreuung in Zusammenarbeit mit Eltern, Pädagogen und dem Kinderarzt (1,313;20;94, 321f). Die Einschulung (denn diese ist besser als eine Umschulung) in Sehbehindertenschulen (15,1560;20,339;76,95) erfolgt, um das Kind rechtzeitig einer optimalen Schulbildung zuzuführen (94;95). Das Unterrichtsprogramm entspricht dem der Regelschulen, umfangreiche Hilfsmittel erleichtern das Lernen (15,1561). Signifikante Intelligenzunterschiede im Vergleich mit Normalsichtigen in Regelschulen wurden nicht festgestellt (20,38ff).

7 Auswertung des Patientengutes

425 Patienten wurde im Zeitraum von 1979 bis 1985 an der Universitäts-Augenklinik in München eine vergrößernde Sehhilfe verordnet. Es erfolgte retrospektiv eine Auswertung nach Alter, Erkrankung, Visus, erforderlicher Vergrößerung und Sehhilfe, nach der Dauer der Erkrankung und dem Zeitraum seit der Verordnung. Die Untersuchung zur Bestimmung einer Sehhilfe wurde von der gleichen Person (Augenfachärztin) unter annähernd gleichen Bedingungen an derselben Untersuchungseinheit vorgenommen. Als Beleuchtung diente neben dem Tageslicht ein schwenkbarer Glühlampenstrahler. Ein Lesepult, Nahleseproben tafeln und mehrere Anpaßsätze gehörten zur festen Ausstattung. Elektronische Lesegeräte standen in einem anderen Raum zur Verfügung, ebenfalls mit Tageslicht (ohne störende Blendreflexe, wie sie insbesondere durch Kunstlicht auftreten).

Die Patienten wurden Mitte bis Ende 1985 mit einem Fragebogen und einem Begleitschreiben nach der Effizienz ihrer Sehhilfe befragt.

7.1 Häufigkeiten und Relationen der gegebenen Daten

Die Altersverteilung der 425 Patienten (Abb. 45) zeigt eine Zweigipfeligkeit zugunsten der älteren und der jüngeren Generation (wie auch an anderer Stelle (50) beschrieben wurde). Mit zunehmender Lebenserwartung häufen sich naturgemäß die Erkrankungen des Alters, in erster Linie die trockene Maculadegeneration (27.7 %, s. u.). Bei jüngeren, sehbehinderten Patienten stellt sich die Frage einer Sehhilfe meist frühzeitig, d. h., mit Eintritt in das Schulalter. Dies erklärt den ersten Gipfel bei sechs bis zehn Jahren. Die Sehhilfe ist in dieser Altersklasse besonders wichtig, da die Möglichkeit einer besseren schulischen Ausbildung und der Förderung geistiger Fähigkeiten mit besseren Berufsaussichten besteht, normaler Intellekt vorausgesetzt.

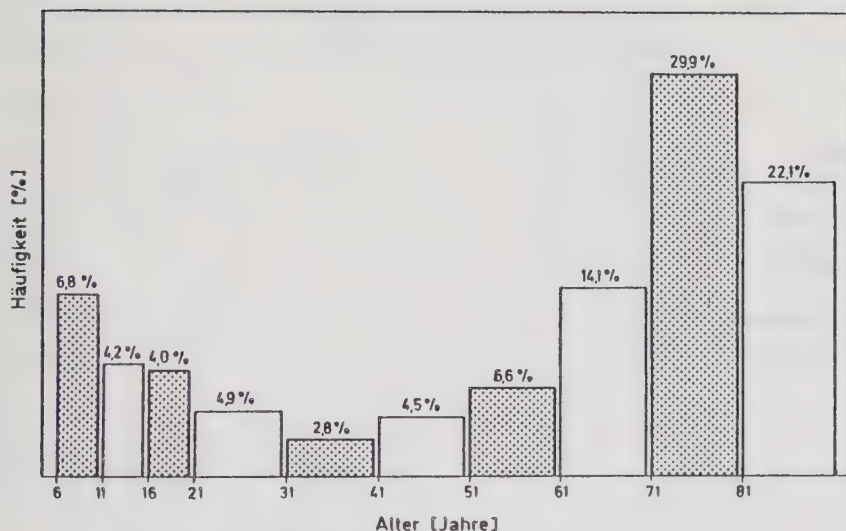


Abb. 45 Altersverteilung (n = 425)

Bei der Verteilung der Erkrankungen (Abb. 46) stehen die Formen der Makuladegeneration mit Abstand an erster Stelle. Der größte Teil entfällt auf die trockene Makuladegeneration, teilweise in Verbindung mit einer zusätzlich den Visus verschlechternden Cataract, die (zunächst) nicht operiert wurde. Ein Grund für die Dominanz der trockenen Makuladegeneration ist sicher die hohe Inzidenz, aber auch die Tatsache, daß paramakuläre Netzhautanteile im Gegensatz zu anderen Erkrankungen meist intakt sind und mit vergrößernden Instrumenten zum Lesen genutzt werden können (s. S. 11f). Feuchte und juvenile Formen sind ihrer schlechteren Prognose bzw. ihrem selteneren Vorkommen entsprechend weniger häufig vertreten (Tabelle 14). Angeborene und perinatal erworbene Erkrankungen sind in Tabelle 15 detailliert aufgeführt.

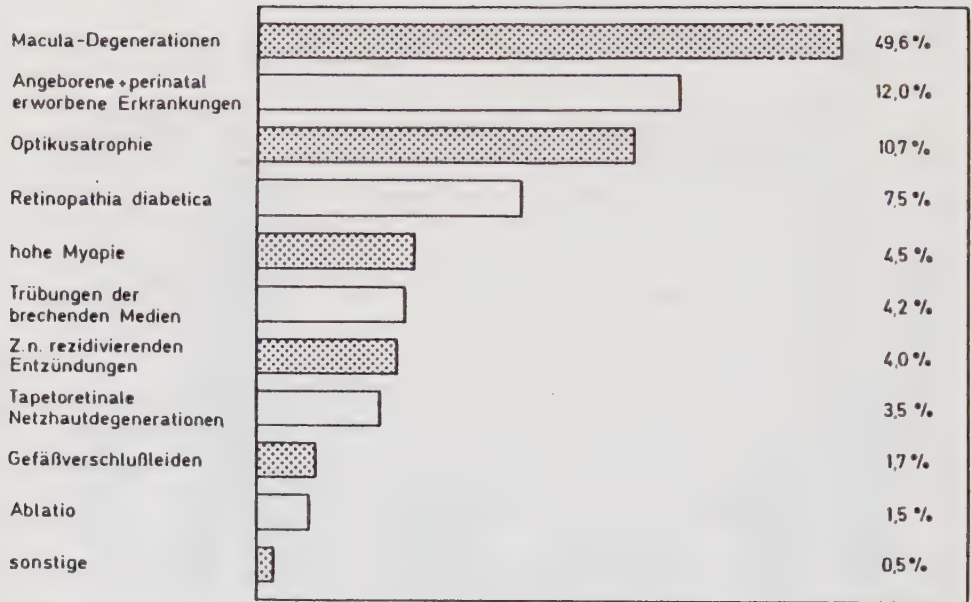


Abbildung 46 Verteilung der Erkrankungen

Tabelle 14 Maculadegenerationen (n = 199)		Tabelle 15 angeborene Erkrankungen (n = 48)	
	100 %		100 %
trockene Maculadegeneration	56 % *	Cataracta congenita	29 %
zusätzliche Cataract	19 %	primärer Nystagnus	19 %
feuchte Maculadegeneration	17 %	Achromatopsie	16 %
vitelliforme Maculadegeneration	2 %	Retinopathia praematurorum	10 %
Morbus Stargardt	1 %	Albinismus	6 %
sonstige, juvenile Maculaerkrankungen	5 %	Maculahypoplasie	6 %
		Mikrophthalmus	4 %
		Stäbchen-Zapfen-Dystrophie	4 %
		Buphthalmus	2 %
		sonstige	4 %

* d. h.: von allen Patienten hatten 27,7 % eine trockene Maculadegeneration.

Patienten mit diabetischen Fundusveränderungen waren vor der Verordnung mit einer Laserkoagulation behandelt worden. Etwa 20 % der Optikusatrophien waren Folge eines Glaukoms. Trübungen der brechenden Medien wurden in erster Linie durch Traumata verursacht. Der Anteil der Patienten, die nur eine Cataract hatten, betrug nur 1/2 %. Eine Operation kam nicht in Betracht.

Abbildung 47 stellt die wichtigsten Erkrankungen in Relation zum Lebensalter dar. Die jüngeren Patienten waren in erster Linie an angeborenen Leiden erkrankt. Im mittleren Alter dominierten die Retinopathia diabetica und die Opticusatrophie, im höheren Alter die trockene Maculadegeneration.

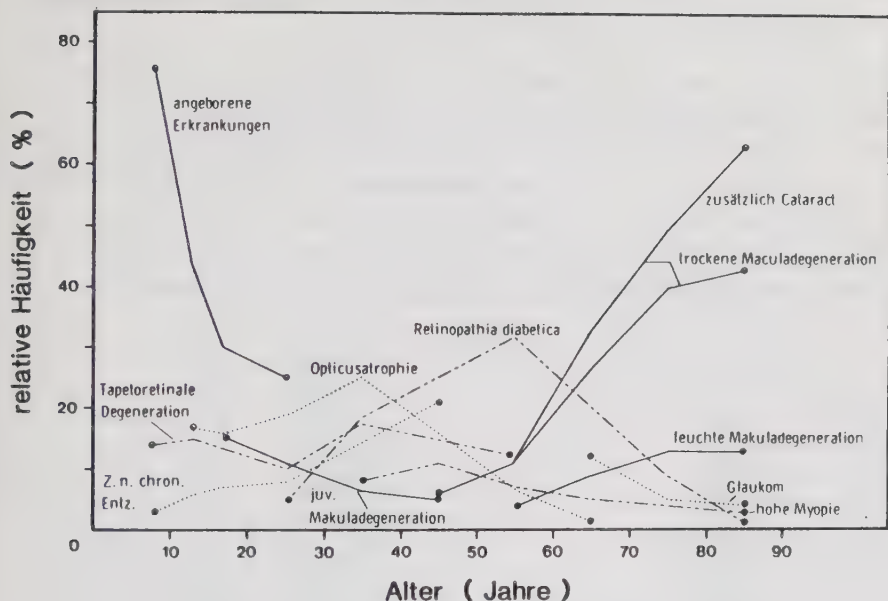


Abb. 47 Häufigkeit der Erkrankungen in neun Altersklassen

(n = 718)	Heidelberg %	München %
Maculadegenerationen	17,9	49,6
hohe Myopie	13,8	4,5
Opticusatrophie	11,9	10,7
Tapetoretinale Degenerationen	11,8	3,5
Aphakie (Cataracta congenita)	6,8	4,0
Albinismus	5,7	0,7
Retinopathia diabetica	4,9	7,5
Glaukom	4,9	4,2
Nystagmus	3,4	2,2
sonstige	18,9	13,1

Tabelle 16 Diagnosen sehbehinderter Patienten an der Universitäts-Augenklinik Heidelberg 1981 (50,2) im Vergleich mit unseren Daten

Tabelle 16 zeigt zum Vergleich die Erkrankungen von Patienten, denen

an der Universitäts-Augenklinik in Heidelberg eine Sehhilfe verordnet wurde, im Vergleich dazu in der rechten Spalte unsere Ergebnisse. An erster Stelle steht die Maculadegeneration. Bei angeborenen Erkrankungen dominiert die Cataracta congenita. Ähnliche Verteilungen werden auch an anderen Stellen angegeben (1,312;120,357).

Durchschnittlich bestand die Sehbehinderung zum Zeitpunkt der Verordnung zwei bis drei Jahre (Abb. 48) mit einem Maximum bei ein bis zwei Jahren. In diesem Zeitraum schritt die Sehminderung selten rasch fort. Nur in 7 % der Fälle erschien den überweisenden Ärzten der Klinik eine Verordnung früher als ein Jahr nach Beginn der Sehbehinderung sinnvoll. Größere Zeiträume bestanden besonders bei jüngeren Patienten mit angeborenen Erkrankungen, die sich im Vorschul- oder Grundschulalter vorstellten.

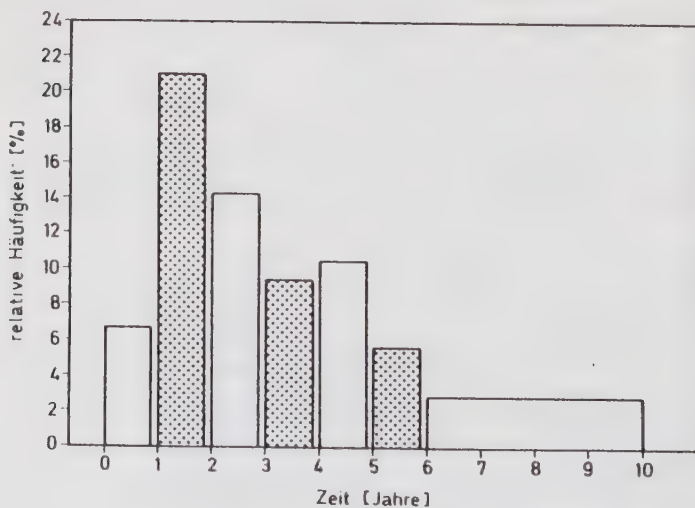


Abbildung 48 Dauer der Sehbehinderung zum Zeitpunkt der Verordnung

Die zentrale Sehschärfe am besseren Auge (Abb. 49) lag am häufigsten zwischen 0.1 und 0.2. Die Anordnung der Visuswerte erinnert an eine linksschiefe Glockenkurve. Je schlechter der Visus, um so problematischer wird die Anpassung einer optischen Sehhilfe. Bis zu einer Sehschärfe von 0.05 kam fast ausschließlich ein elektronisches Lesegerät in Frage. Patienten mit einem besseren Visus als 0.4 (s. S. 11f) benötigten dann eine Vergrößerung, wenn entweder größere Skotome vorlagen oder für schulische oder berufliche Zwecke ein höheres Auflösungsvermögen erwünscht war.

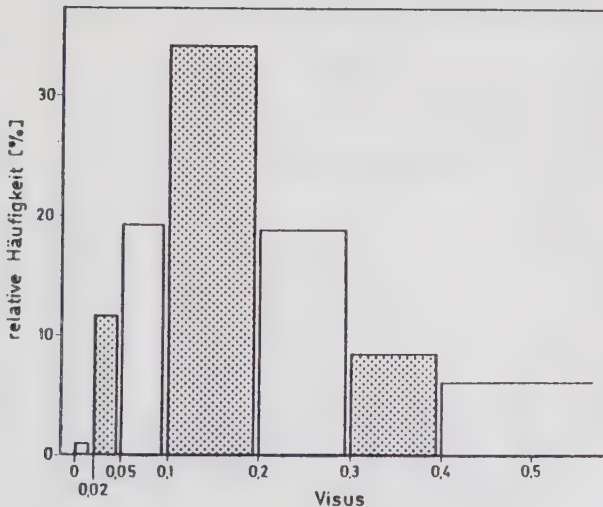


Abb. 49 Häufigkeitsverteilung
der zentralen Sehschärfe am besseren Auge

Analog zum Visus findet sich bei einer drei bis vierfachen, verordneten Vergrößerung (Abb. 50) ein Häufungspunkt. Der diskontinuierliche Verlauf der Werte erklärt sich durch das unterschiedliche Sehhilfenangebot. Eine ähnliche Verteilung wird von Mann angegeben (92,53). Korreliert man den Visus zur Vergrößerung (Abb. 51), resultiert eine irreguläre Hyperbel, d. h., eine reziproke Proportionalität besteht nur annähernd. Als Dispersionsmaß ist die jeweilige Standardabweichung

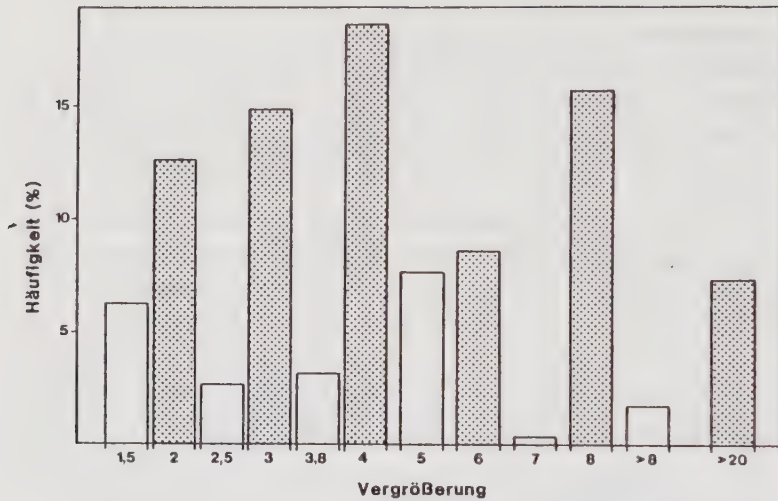


Abb. 50 Häufigkeitsverteilung der verordneten Vergrößerung

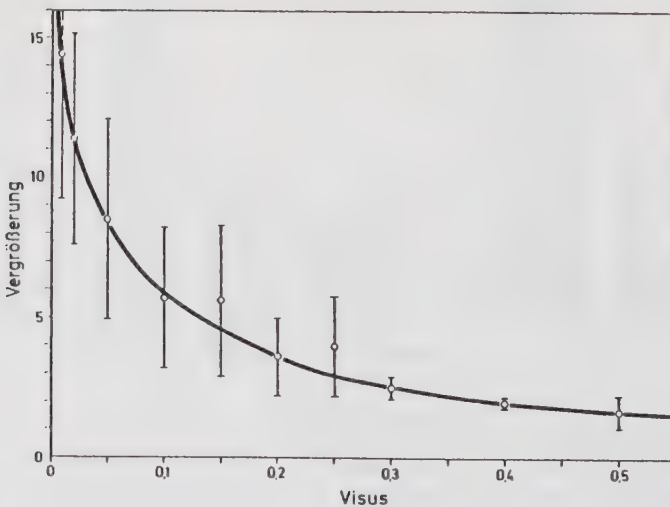


Abb. 51 Korrelation des Visus zur verordneten Vergrößerung

angegeben. Der Korrelationskoeffizient beträgt etwa 0.6, d. h., es liegt eine mittelmäßige Korrelation vor. Bei einem Visus von 0.1 war durchschnittlich eine 5,5 fache und bei 0.2 eine 3,5 fache Vergrößerung erforderlich. Diese Werte können jedoch nur als Anhaltspunkte gewertet werden. Entscheidend ist die subjektiv ermittelte, erforderliche Vergrößerung.

Ist die Visusdifferenz zwischen beiden Augen (Abb. 52) nicht zu groß und der Visus des besseren Auges nicht zu schlecht, sollte eine binokulare Ordination angestrebt werden (s. S. 38). Bei fast einem Drittel der Patienten betrug der Unterschied weniger als 10 %. Über die Hälfte der Patienten mit einer Visusdifferenz bis zu 20 % wurden mit einem binokularen System versorgt. Die andere Hälfte benötigte eine zu hohe Vergrößerung, oder es wurden binokulare Systeme nicht angenommen, so daß es trotz geringer Visusdifferenz bei einem monokularen System blieb. Betrug die Visusdifferenz mehr als 50 %, wurde kaum ein binokulares System verordnet. In etwa 25 % der Fälle handelte es sich um eine (funktionelle) Einäugigkeit.

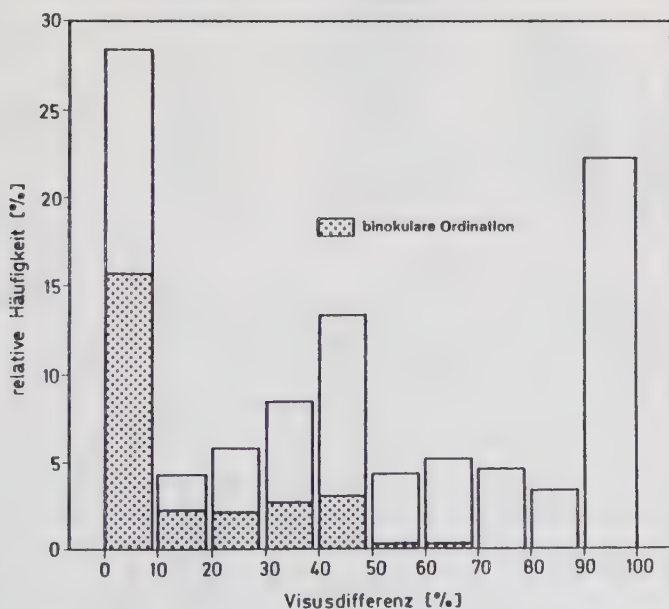


Abbildung 52 Häufigkeitsverteilung der zentralen Sehschärfendifferenz zwischen beiden Augen

Die Abhängigkeit einer binokularen Verordnung vom Visus des besseren Auges bzw. der erforderlichen Vergrößerung ist in Abbildung 53 und 54 zu erkennen. Je höher die zentrale Sehschärfe des besseren Auges, desto höher ist der Anteil einer beidseitigen Verordnung. Bei Visus-

werten zwischen 0.1 und 1/35 wurde eine binokulare Vergrößerung meist mit einem elektronischen Lesegerät erreicht. Patienten, denen ein solches Gerät verordnet wurde, hatten in 65 % am schlechteren Auge noch einen verwertbaren Sehrest.

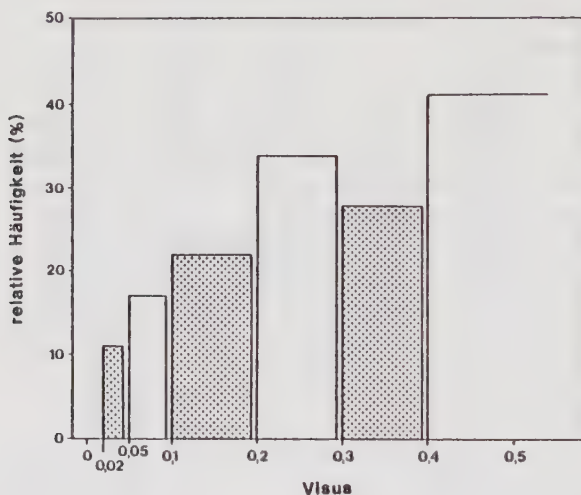


Abbildung 53 Häufigkeit einer beidäugigen Verordnung bei den ermittelten, zentralen Sehschärfen

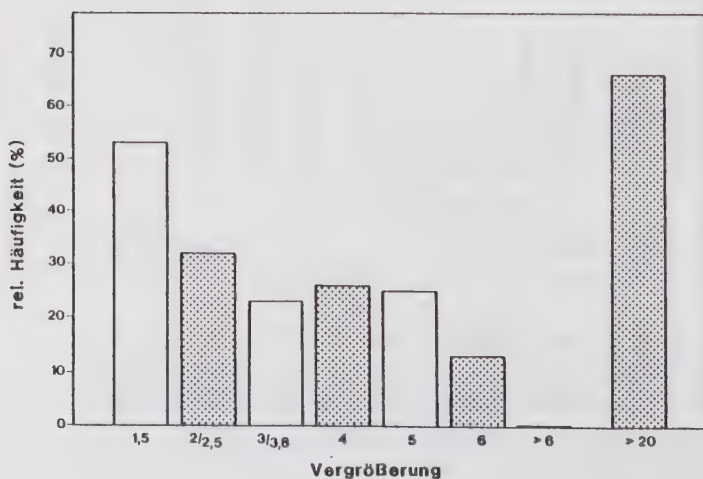


Abbildung 54 Häufigkeit binokularer Ordination bei den verordneten Vergrößerungen

Die Gesamtquote der binokularen Anpassung lag bei 24 %. Die Angaben in der Literatur für eine sinnvolle, beidseitige Verordnung schwanken zwischen 15 und 40 % (7,90;31,14).

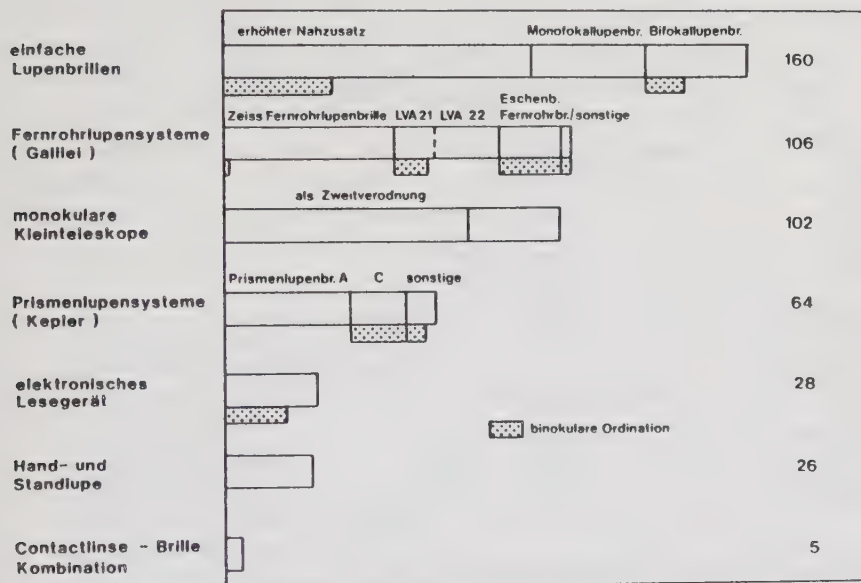


Abbildung 55 Häufigkeiten der verordneten Systeme (n = 491)
(die gemusterten Kästchen stellen den Anteil einer beidäugigen Verordnung der jeweiligen Sehhilfe dar)

Abbildung 55 zeigt die Verteilung der verordneten Systeme. Die einfachen Lupenbrillen wurden am meisten verordnet, davon an erster Stelle der erhöhte Nahzusatz. Der Grund dafür sind unkomplizierte Handhabung, kurze Wartezeiten bis zum Erhalt der Sehhilfe von Seiten der Krankenkasse und geringer Kostenaufwand (s. Tab. 13, S. 81), insbesondere bei absehbarer Verschlechterung. Der verstärkte Nahzusatz weist gleichzeitig den größten Anteil an beidäugiger Nutzung auf. Monofokallupenbrillen mit verbesserter Abbildungsqualität kamen bei höheren Vergrößerungen zum Einsatz und erlaubten wegen des geringen Abstandes kein Binokularsehen. Bifokallupenbrillen konnten in etwa 40 % beidseitig verschrieben werden.

33 % der Galileisysteme waren Brücke'sche Lupen (s. S. 53). Fernrohr-lupenbrillen im engeren Sinne wurden wegen ihrer Variabilität häufiger verordnet, ebenso Prismenlupensysteme, die eine wesentlich bessere

Abbildungsqualität aufweisen. Monokulare Kleinteleskope eigneten sich bevorzugt als Zweitinstrument neben reinen Nahlesehilfen. Sie ermöglichen eine schnelle Information sowohl in der Ferne als auch in geringeren Abständen (s. Tab. 11). In 2/3 der Fälle wurde das Mini-fernglas 3 x 12 B rezeptiert, da es eine sehr gute Bildqualität und eine Nahfokussierung bis 25 cm bei geringen Abmessungen bietet.

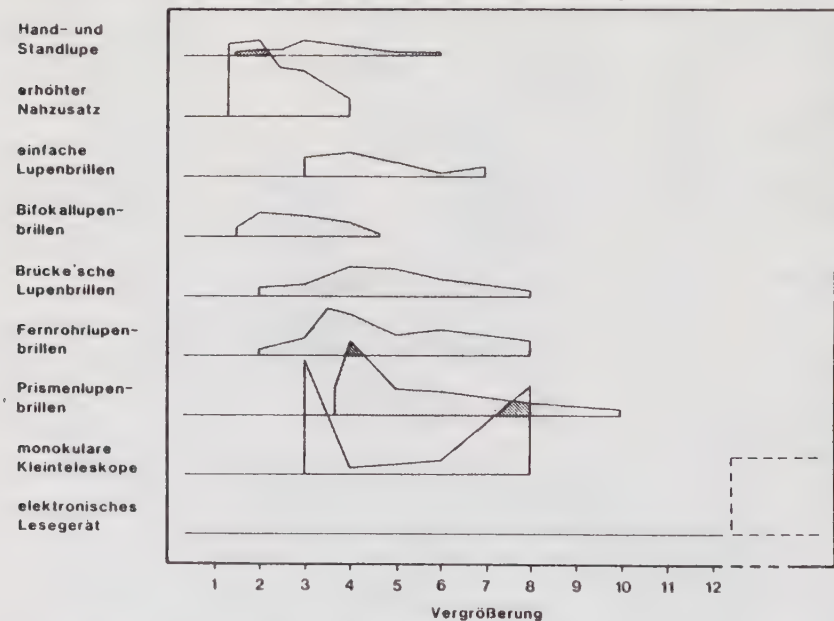


Abbildung 56 Verordnete Vergrößerungen und deren relative Häufigkeit dargestellt für neun vergrößernde Systeme

Die obenstehende Darstellung zeigt, welche Vergrößerung bei den verschiedenen Systemen häufig oder weniger häufig verordnet wurde. Die horizontale Ausdehnung der gepunkteten Flächen stellt den Bereich der verordneten Vergrößerung dar, die vertikale gibt einen Anhalt darüber, wie oft eine Vergrößerung bei einem System im Vergleich mit einem anderen verordnet wurde. Hier zeigt sich der Einsatzbereich des überhöhten Nahzusatzes bei geringer Vergrößerung! Einfache Lupenbrillen mit verbesserter Abbildungsgüte gelangten erst ab dreifacher Vergrößerung zum Einsatz. Zusammengesetzte Systeme wurden bevorzugt mit vier- bis fünffacher, Prismensysteme mit bis zu zehnfacher Vergrößerung verordnet. Höhere Vergrößerungen waren nur mit einem elek-

tronischen Lesegerät sinnvoll zu erreichen. Diese Anpaßbereiche entsprechen weitgehend den in Tabelle 13 angegebenen, sinnvollen Grenzen.

Interessant scheint noch, in welchem Alter welche Sehhilfen hauptsächlich verordnet wurden. Tabelle 17 ist zu entnehmen, daß einfache Lupenbrillen häufiger in höherem Alter zum Einsatz gelangten, ebenso Galilei'sche Systeme. Prismenlupenbrillen dagegen wurden in erster Linie jüngeren Patienten verordnet, ebenso elektronische Lesegeräte und Kleinteleskope. Die Prozentangaben beziehen sich jeweils auf die Gesamtzahl der Patienten in den aufgeführten Altersgruppen, damit die Darstellung von der Altersverteilung unabhängig ist.

	Lebensalter (Jahre)			
	6 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 90
erhöhter Nahzusatz	11	18	19	30
sonstige, einfache Lupenbrillen	3	21	27	18
Fernrohrlupenbrillen	-	11	17	16
Brücke'sche Lupen	4	11	18	7
Prismenlupenbrillen	44	28	11	8
Telemonokulare	32	20	12	21
elektronische Lesegeräte	15	-	4	6
Hand- und Standlupen	3	-	2	7

Tabelle 17 Häufigkeiten der verordneten, vergrößernden Sehhilfen in vier Altersklassen (Angaben in %)

An sozialen Daten wurden der Familienstand, das Geschlecht und der Beruf ausgewertet. Tab. 18 zeigt die Zusammenstellung von Geschlecht und Familienstand, die sich teilweise aus der Altersverteilung und der früheren Mortalität der männlichen Patienten ergibt. In Tab. 19 sind die Berufsgruppen dargestellt.

weibliche Patienten	53 %
männliche Patienten	47 %
verheiratet	28 %
alleinstehend	44 %

Tabelle 18 Geschlecht und Familienstand (n = 425)

Hausfrau	14 %
Schüler, Student	14 %
einfacher Angestellter	12 %
höherer Angestellter	11 %
Arbeiter	8 %
kaufmännischer Selbständiger	3,5 %
Pädagogischer Beruf	3,5 %
Heilberuf	3 %
künstlerischer Beruf	2,5 %
Beamter	1,5 %
unklar und sonstige	27 %

Tabelle 19 Verteilung der Berufe (n = 425)

7.2 Auswertung der Patientenbefragung

Die Patienten bekamen einen Fragebogen zugesandt (s. Anhang 2), dessen Aufgabe ein Begleitschreiben erklärte. Beides war in Großdruckbuchstaben geschrieben, was von einigen Patienten spontan als positiv gewertet wurde. Einige zusätzliche Briefe, die von Erfolg oder Mißerfolg und Problemen mit der Sehhilfe berichteten, erreichten den Absender. Die Antwortquote betrug 66 %. 22 Mitteilungen über das Ableben des Angeschriebenen trafen ein, acht waren postalisch nicht mehr erreichbar. Insgesamt lagen 239 verwertbare Antwortbögen vor.

Abbildung 57 stellt die Verteilung der Antworten über die Zufriedenheit mit der Sehhilfe dar (Fragen 2 bis 4 des Fragebogens). Auch die Antworten auf die Fragen 11 und 12 lassen auf einen positiven Effekt der Sehhilfe schließen: 95 % würden einem sehbehinderten Bekannten zu einer Sehhilfe raten, also auch ein Großteil derer, die selbst mit dem Hilfsmittel nicht (mehr) zurecht kommen. 87 % würden sich ein zweites Mal eine Sehhilfe anpassen lassen.

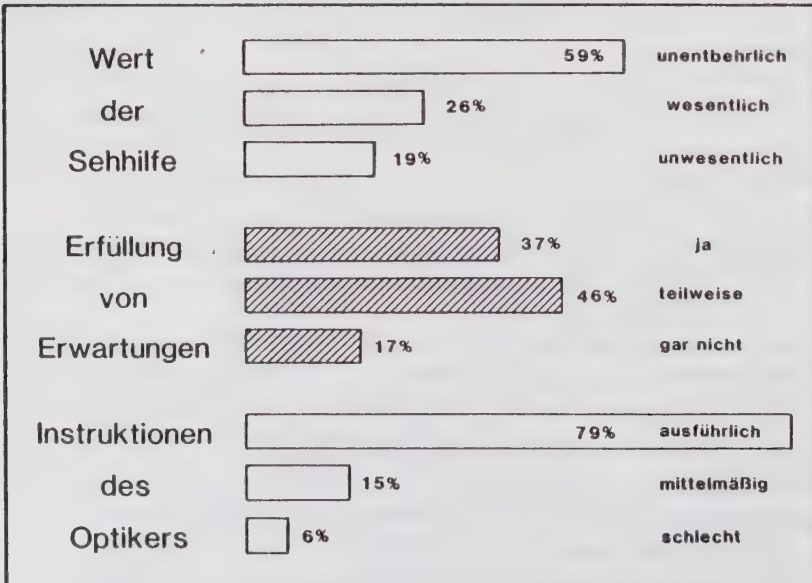


Abbildung 57 Zufriedenheit mit der (Anpassung der) Sehhilfe
(n = 239)

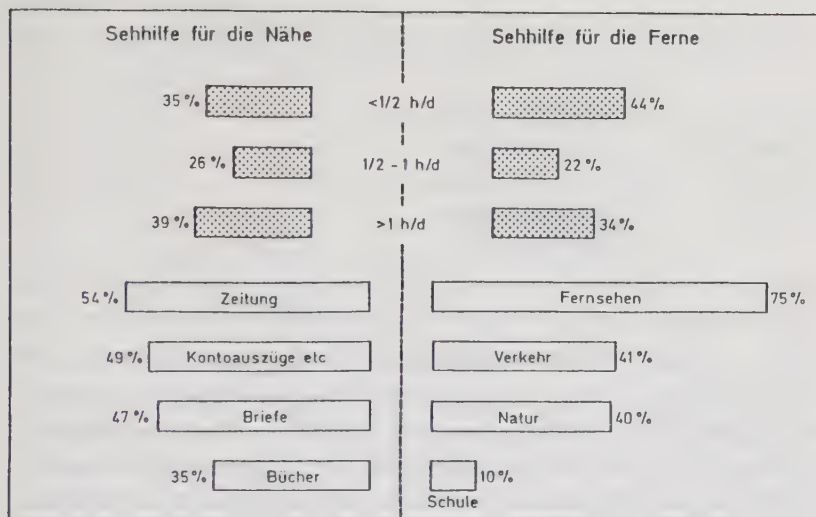


Abbildung 58 Nutzungsdauer (n = 194) und Einsatzbereich der Sehhilfen bei den befragten Patienten (n = 239)

Auf die Frage nach der täglichen Nutzungsdauer (Fragen 8 und 9, Abb. 58) von Nahlesehilfen gab die Mehrzahl erstaunlicherweise an, sie länger als eine Stunde pro Tag zu benutzen. Sehhilfen für die Ferne wurden gemäß ihrer Funktion weniger lang eingesetzt. Mehr als eine Stunde brauchte man sie hauptsächlich zum Fernsehen als Fernrohrbrille. Betrachtet man die spezifische Altersverteilung, ergeben sich zwei Gipfel im Alter von 31 bis 50 und von 11 bis 15 Jahren, d. h., Berufstätige und Schüler lesen am meisten. Weniger als eine Stunde lasen besonders Patienten, die über 60 Jahre alt waren.

Als Lesegut wurde an erster Stelle die Zeitung angegeben (teilweise nur Überschriften). Briefe spielten eine fast so große Rolle wie Kontoauszüge. Schüler und Studenten lasen mehr Bücher, ältere Leute, die den größeren Teil ausmachten, dagegen weniger. In der Ferne stand an erster Stelle das Fernsehen, das für einen Sehbehinderten einen sinnvollen Zeitvertreib darstellt. Sehhilfen, die in der Schule genutzt werden, kamen für eine kleinere Gruppe in Betracht.

23 % gaben an, daß es "der eigene Wunsch" gewesen sei, der der Anlaß für die Verordnung einer vergrößernden Sehhilfe war (Frage 10). 67 % waren von einem Arzt (z. T. aus der Augenklinik) darauf aufmerksam gemacht worden.

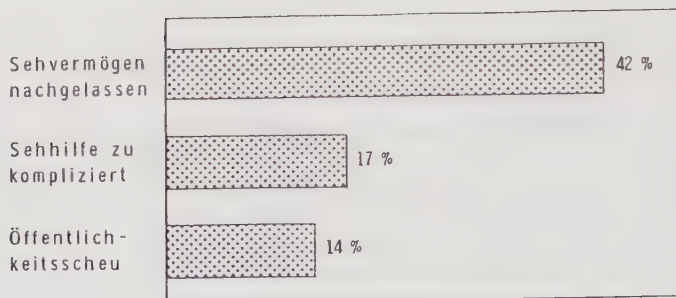


Abbildung 59 Hauptschwierigkeiten mit der Sehhilfe (n = 165)

73 % der Befragten gaben Schwierigkeiten mit der Sehhilfe an (Frage 5, Abb. 59). Bei 42 % der Patienten hatte das Sehvermögen nachgelassen. Zunächst konnte mit dem Instrument ein akzeptables Lesevermögen geschaffen werden, so daß die Hilfe indiziert erschien. Nach einiger Zeit reichte die Vergrößerung nicht mehr aus. Bei dieser hohen Zahl und dem Preis der Sehhilfen erscheint es sinnvoll, nicht mehr aktuelle Systeme zurückzunehmen und an andere Patienten weiterzugeben.

Die in Abb. 60 dargestellte Verteilungsfunktion (Summenkurve) gibt die aufaddierten, prozentualen Anteile der Patienten wieder, die eine Sehverschlechterung beklagten, unterteilt nach dem Zeitraum von der Anpassung der Sehhilfe bis zum Befragungstermin (100 % entsprechen 42 % der Gesamtantworten).

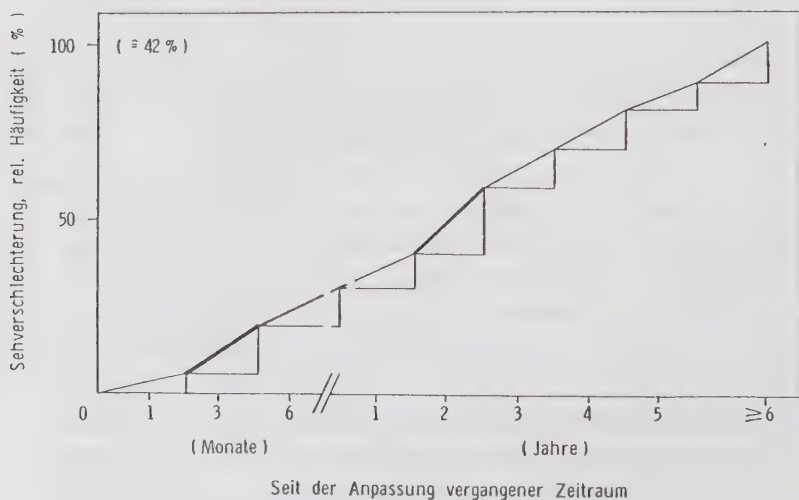


Abbildung 60

Verteilungsfunktion Sehverschlechterung - Zeitraum seit der Anpassung

Die Kurve zeigt, daß das Sehvermögen nach zwei bis drei Jahren und nach drei bis sechs Monaten häufiger nachließ. Der erste Anstieg ist schwach signifikant mit $P < 5 \%$, der zweite signifikant mit $P < 0,5 \% *$. Es erscheint daher sinnvoll, eine Befundkontrolle nicht nur nach einem halben, sondern auch nach zwei bis drei Jahren vorzunehmen. Von uns wurde eine jährliche Wiedervorstellung angestrebt. Bei 20 % der Patienten, die eine Sehverschlechterung in den ersten Monaten beklagten, bestand die festgestellte Sehschwäche erst ein Jahr. Dies unterstützt den Hinweis, mit einer aufwendigen Verordnung nicht zu früh zu beginnen. Das Sehvermögen sollte etwa drei Monate konstant sein. Bis dahin können Leihsysteme abgegeben werden.

Untenstehende Tabelle zeigt die Verteilung der Sehverschlechterung auf die einzelnen Krankheitsbilder, die in drei Gruppen zusammengefaßt wurden, innerhalb derer keine signifikanten Unterschiede bestanden. Zwischen diesen Gruppen besteht Signifikanz mit $P < 2,5$ bzw. $0,5 \% *$.

Erkrankung	Sehverschlechterung **	
	relativ	absolut
Gefäßverschußleiden	50 %	4
feuchte Maculadegeneration	41 %	16
Ablatio	33 %	2
Retinopathia diabetica	30 %	9
trockene Maculadegeneration	28 %	44
Optikusatrophie	21 %	9
Tapetoretin. Degenerationen	21 %	3
Z. n. chron. Entzündungen	19 %	3
Medientrübungen	18 %	3
Hohe Myopie	6 %	1
angeborene Erkrankungen	5 %	3
sonstige		5

Tabelle 20 Sehverschlechterung aufgeschlüsselt nach Erkrankungen
(n = 102)

Die Häufigkeit der Sehverschlechterung, die bei den angegebenen Erkrankungen auftraten, wird naturgemäß durch deren Prognosen bestimmt. Die trockene Maculadegeneration steht an fünfter Stelle. Sie ist zwar die häufigste Indikation für eine Verordnung vergrößernder Sehhilfen, jedoch nicht wegen einer geringen Progredienz, sondern wegen der hohen Inzidenz. Angeborene Erkrankungen verhielten sich am stabilsten.

* Ergebnisse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit P von $1 \% < P < 5 \%$ werden als (schwach) signifikant und $P < 1 \%$ als signifikant bezeichnet (121,114). Die auch im Folgenden benutzten statistischen Tests wurden der Quelle (83) entnommen.

** Prozentangaben bezogen auf die Gesamthäufigkeit der einzelnen Krankheitsbilder von den Patienten, die geantwortet haben.

Nach der Sehverschlechterung ist die schwierige Handhabung der Sehhilfe das zweithäufigste Problem (Frage 5a). Erwartungsgemäß wurde die Benutzung der Sehhilfe mit zunehmendem Alter schwieriger (Tabelle 21).

Lebensalter	relativer Anteil derer, die ihre Sehhilfe als zu kompliziert einstufen
6 - 20	11 % *
21 - 50	16 %
51 - 70	23 %
71 - 90	24 %

Tabelle 21 (n = 39)

	absolut	relativ
Prismensysteme	1	6 % *
Bifokallupenbrillen	2	10 %
sonstige einfache Lupenbrillen	10	14 %
elektronische Lesegeräte	3	17 %
Brücke'sche Lupen	3	17 %
Telemonokulare	4	21 %
FernrohrLupenbrillen	10	23 %
Handlupen	4	31 %
Leuchtlupenbrille	2	50 %

Tabelle 22 (n = 39)

Tabelle 22 zeigt, wie oft die einzelnen Systeme im Fragebogen als "zu kompliziert" angegeben wurden. Nur 6 % der Patienten, denen eine Prismenlupenbrille verordnet wurde, empfanden ihr System als zu kompliziert. Dies ist sicher dadurch zu erklären, daß diese Systeme in erster Linie jüngeren, geistig aktiven Patienten verordnet wurden (s. Tab. 17). Erwartungsgemäß klagten nur wenige Besitzer einfacher Lupenbrillen über Schwierigkeiten. Ähnliches gilt für elektronische Lesegeräte.

* Prozentangaben bezogen auf die Gesamtzahl der Patienten in der jeweils angegebenen Klasse

Von den einfachen Lupenbrillen riefen lediglich einige Brillen mit stärkerer Brechkraft und entsprechend kleinem Leseabstand Probleme hervor. Das Leuchtlupensystem LVA 9 schneidet am schlechtesten ab, wohl wegen des geringen Abstandes und dem Problem der Stromzufuhr. Bifokallupenbrillen dagegen wurden am besten akzeptiert, da sie sich wegen des zusätzlichen Fernteils und des dadurch geringeren Gewichtes wenig von gewöhnlichen Brillen unterscheiden.

Fernrohrbrillen kamen schlechter an als Brücke'sche Lupen. Dies erklärt sich durch die Altersverteilung (s. Tab. 21): das zweifache Zeiss Galilei-System wurde ausschließlich Schülern rezeptiert, die Zeiss Fernrohrbrille überwiegend älteren Menschen.

Telemonokulare bereiteten nur mit höheren Vergrößerungen Schwierigkeiten, das kleine "3 x 12 B" in keinem Fall.

Von den einfachen Lupen wurde die Standlupe am ehesten akzeptiert. Dagegen bezeichneten 50 % der Patienten die übrigen Handlupen als kompliziert.

Tabelle 23 gibt die zusätzlich angegebenen Probleme, der Häufigkeit nach geordnet, wieder (Frage 6). Angaben, die in der Mehrzahl von älteren Patienten stammen, wurden durch fettgedruckte Prozentangaben gekennzeichnet.

	insgesamt (absolut)	davon Alter über 60 Jahre (%)
Gewicht, Druck an Nase und Ohr	14	35
Kopf-, Rücken und Armschmerzen	12	75
begrenztes Gesichtsfeld	11	65
nur kurzzeitige Nutzung möglich	9	45
absolut keine Beschwerden, Sehhilfe optimal	7	15
keine Fernvergrößerung	6	70
geringer Leseabstand	5	40
Auffinden des Lesetextes schwierig	3	100
Unhandlichkeit	3	70
Probleme mit dem Fernsehlesegerät	10	50
schlechte Erklärung v. Fahrer der Lieferfirma	4	50
Auffinden des Zeilenanfanges schwierig	2	100
lange Genehmigungsdauer	2	0
Größe	1	100
übrige	12	

Tabelle 23 Sonstige Problemfaktoren mit vergr. Sehhilfen (n = 92)

Gewicht und kleines Gesichtsfeld wurden als Beschwerden häufiger aufgeführt, als ein geringer Leseabstand (besonders von älteren Befragten). Dies unterstützt den Vorschlag, an erster Stelle ein einfaches Lupensystem (z. B. erhöhter Nahzusatz oder Bifokallupenbrille) auszuprobieren. Der zweite Punkt (Kopf-, Rücken- und Armschmerzen) unterstreicht die Notwendigkeit einer guten Instruktion. Subjektiv wurde zwar eine ausführliche Erklärung seitens des Augenoptikers angegeben, doch scheinen einige Probleme unklar zu sein. Die jeweiligen Nachteile, die mit der Vergrößerung erkaufte werden, und die Handhabung des Instruments müssen stets erläutert werden. Ebenso wichtig ist der Hinweis auf Begleithilfsmittel, wie Leseständer (Haltung! Rückenschmerzen!), Beleuchtung etc. (s. S. 14ff).

Eine bei diesen Ausführungen anwesende Begleitperson soll den Lernprozeß zuhause unterstützen. Immerhin wurden 64 % der Befragten von Angehörigen (mit)versorgt.

In erster Linie bezeichneten jugendliche und berufstätige Patienten die Sehhilfe spontan als optimal. Dies mag ein Hinweis dafür sein, daß jüngere Patienten anpassungsfähiger und motivierter sind (Tab. 21, Abb. 61).

Oft wurde die lange Genehmigungszeit mancher Sehhilfen, insbesondere von elektronischen Lesegeräten, seitens der Krankenkassen bemängelt. Eine schnellere, unbürokratischere Abwicklung wäre tatsächlich wünschenswert. Weiter wurden u. a. ein zu kleines Angebot an Großdruckliteratur und eine mangelnde Information beklagt. Spezielle Punkte waren ein störendes Mattglas vor dem okkludierten, schlechteren Auge, außerdem eine defekte Stromzufuhr beim LVA 9.

Als Problem im Umgang mit elektronischen Lesegeräten wurde das erschwerte Auffinden des Zeilenanfangs von zwei (älteren) Patienten angegeben. Vier Patienten beklagten, daß sie die Handhabung bei der Verordnung und beim Optiker zwar gezeigt bekommen, zum Zeitpunkt der Auslieferung jedoch Schwierigkeiten damit gehabt hätten und der Fahrer der Lieferfirma nur unzureichende Erklärungen abgegeben habe. Die Lesegeräte sollten immer vom Augenoptiker selbst aufgestellt und an Ort und Stelle nochmals ausführlich erklärt werden.

Um eine Aussage über Zufriedenheit und Erfolg mit der Sehhilfe in Zusammenhang mit den anderen Daten zu erhalten, wurden die Antworten der Fragen 3, 4, 11 und 12 (s. Fragebogen, S. 117, und Abb. 57, S. 98).

in einem Punktesystem zusammengefaßt. Für die Antwort "ja" in Frage 3 und "unentbehrlich" in Frage 4 wurden jeweils zwei Punkte, für "teilweise" bzw. "unentbehrlich" in Frage 3 bzw. 4 und für "ja" bei den Fragen 11 und 12 jeweils ein Punkt gezählt. Eine negative Antwort in allen vier Fragen entspricht null Punkten. So sind insgesamt maximal sechs Punkte möglich. Tabelle 24 zeigt die Verteilung der erreichten Punkte. Der Durchschnitt betrug 4,2 Punkte.

0 Punkte	5 %	4 Punkte	22 %
1 Punkt	4 %	5 Punkte	31 %
2 Punkte	9 %	6 Punkte	23 %
3 Punkte	6 %		

Tabelle 24 Prozentuale Verteilung der positiven Antworten ("Punkte") betreffs Zufriedenheit mit der vergrößernden Sehhilfe

Zum Vergleich mit anderen Daten wurden von den positiven Antworten nach dem erwähnten System jeweils die Klassenmittelwerte gebildet. Um besonders bei niedrigen Fallzahlen ein durch "Ausreißer" entstehendes, falsches Bild zu vermeiden, wurden auch die Streuung beachtet und der Median errechnet und bei starker Abweichung vom Mittelwert berücksichtigt.

Die deutlichste Korrelation ergibt sich mit der Altersverteilung (Abb. 61). Mit zunehmendem Alter nimmt die Zahl der zufriedenen Antworten ab (Irrtumswahrscheinlichkeit P kleiner als 0,5 % zwischen den Altersgruppen 6 bis 30 und 51 bis 90 Jahren).

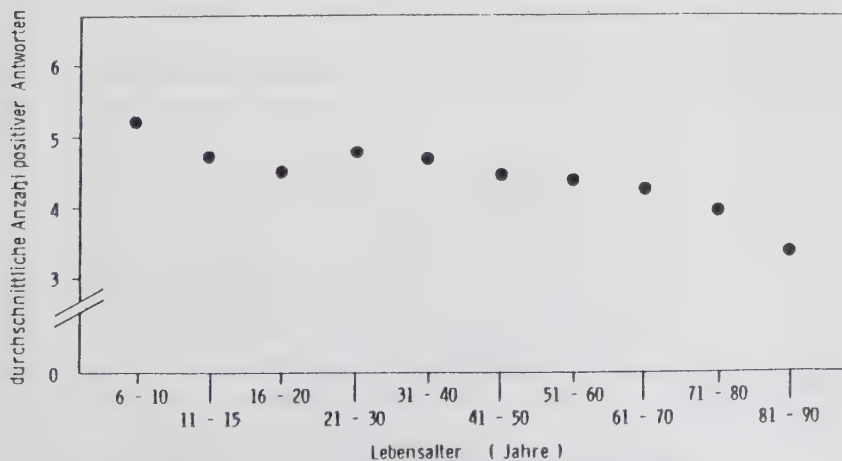


Abbildung 61 Zufriedenheit mit vergrößernden Sehhilfen in Relation zum Lebensalter ($n = 239$)

Die Relation zur Erkrankung ist in Tabelle 25 dargestellt und rechts der Tabelle als Balkendiagramm veranschaulicht. Zwischen den angegebenen Gruppen von Erkrankungen bestehen signifikante Unterschiede mit P kleiner als 0,5 %.

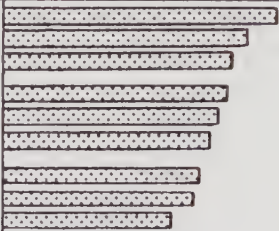
	durchschnittliche Punktzahl	
angeborene Erkrankungen	5,1	
Z. n. chron. Entzündungen	4,5	
tapetoretinale Degenerationen	4,2	
trockene Maculadegeneration	4,1	
hohe Myopie	3,9	
Medientrübungen	3,8	
Optikusatrophie	3,6	
feuchte Maculadegenerationen	3,5	
Retinopathia diabetica	3,1	

Tabelle 25 Korrelation Erkrankung - Zufriedenheit (n = 239)

An erster Stelle stehen angeborene Erkrankungen, die in erster Linie das jüngere Lebensalter betreffen. Auch Patienten mit Z. n. chronischen Uveitiden und tapetoretinalen Degenerationen befanden sich in der ersten Lebenshälfte. Patienten mit trockener Maculadegeneration erreichten eine etwa durchschnittliche Punktzahl. Zufriedener, als erwartet, waren die Patienten mit Medientrübungen (Es wurden allerdings nur Patienten mit geringen Trübungen mit einer Sehhilfe versorgt). Optikusatrophien nur bei Kindern erreichten an anderer Stelle (120,358) bessere Erfolge. Die schlechtesten Ergebnisse entfallen auf Erkrankungen mit schlechter Prognose (s. a. Tab. 20).

Die Zeitdauer der Sehminderung (Tabelle 26) wirkte sich nicht wesentlich auf den Erfolg mit der Sehhilfe aus. Nur die angeborenen Sehschwächen erreichen analog Tabelle 25 eine höhere Zufriedenheit (P kleiner als 0,5 %).

	durchschnittliche Punktzahl
angeboren	5,1
1 bis 6 Jahre	jeweils 4,1 +/- 0,1

Tabelle 26 Korrelation Dauer der Sehminderung - Zufriedenheit (n = 239)

	durchschnittliche Punktzahl
0.02 - 0.3	4,2 +/- 0,1
größer gleich 0.4	4,8 - 5,1

Tabelle 27 Korrelation Visus - Zufriedenheit (n = 239)

Im Visusbereich zwischen 0.02 und 0.3 ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede in der Zufriedenheit der Patienten (Tab. 27). Die annähernde Gleichverteilung auch bei geringer Sehschärfe wird durch das optimale, elektronische Lesesystem erklärt. Diejenigen mit einer Sehschärfe um 0.1 und einer optischen Sehhilfe (von dieser Gruppe hätte man ein schlechteres Ergebnis erwartet), sind zum Teil vergleichsweise jünger und erreichten mit Prismenlupensystemen ein erstaunlich gutes Ergebnis (s. a. Abb. 61 und Tab. 30). Bei höherem Visus steigt die erreichte Punktzahl entsprechend der Zufriedenheit erwartungsgemäß (schwach signifikant) an.

Bei der Vergrößerung (Tab. 28) zeigte sich im Bereich zwischen 2,5 und 5 facher Vergrößerung wieder eine annähernde Gleichverteilung. Der Anstieg bei 6 bis 8 fach erklärt sich durch das in der Mehrzahl der Fälle jüngere Alter der Patienten (s. o.). Höhere, optische Vergrößerungen waren weniger erfolgreich. Die Unterschiede in den angegebenen Vergrößerungen sind signifikant (P kleiner als 1 %).

	durchschnittliche Punktzahl
1,5 - 2 fach	4,7 +/- 0,1
2,5 - 5 fach	4,0 +/- 0,1
6 - 8 fach	4,9
10 fach und mehr (optisch)	3,3
mehr als 10 fach (el. Lesegerät)	4,6

Tabelle 28 Vergrößerung - Zufriedenheit (n = 239)

Ein binokulares System erreichte durchschnittlich eine größere Zufriedenheit als ein monokulares (Tab. 29). Dieses Ergebnis ist schwach signifikant (P kleiner als 5 %).

	durchschnittliche Punktzahl
monokulares System	4,1
binokulares System	4,5

Tabelle 29 monokulares / binokulares System - Zufriedenheit
(n = 239)

Die Zufriedenheit mit den verschiedenen Sehhilfen variiert in Abhängigkeit vom Lebensalter (s. Abb. 61). Tabelle 30 gibt daher die Zufriedenheit aufgeteilt in drei Altersgruppen wieder.

	Lebensalter / durchschnittliche Punktzahl				
	6 - 20	21 - 60	61 - 91	Gesamt	
Zweistärkenlupenbr.	6,0	4,9	4,9	5,0	
sonst. einf. Lupenbr.	5,2	4,1	3,9	4,2	
Leucht-lupensystem	-	-	2,5	2,5	
Zeiss Galilei (2x)	5,0	-	-	5,0	
sonst. Brücke Lupen	-	3,7	3,5	3,5	
Fernrohr-lupenbrillen	-	4,9	4,2	4,4	
Prismenlupenbrillen	4,8	5,0	4,7	4,8	
3 x 12	5,0	5,0	3,5	4,6	
8 x 20	-	5,0	4,1	4,3	
elektron. Lesegerät	5,7	5,0	4,4	4,9	
Handlupe	-	5,0	2,8	2,9	

Tabelle 30 Zufriedenheit mit den verschiedenen Sehhilfen (n = 239)

Zweistärkenlupenbrillen erreichten auch in der höheren Altersklasse durchschnittlich die größte Zufriedenheit, die übrigen einfachen Lupenbrillen schnitten etwas schlechter ab (vergl. Tab. 22). Das Leucht-lupenbrillensystem steht an letzter Stelle.

Zwei Schüler, die mit der kleinen "bifokalen" Zeiss "Lupenbrille" versorgt wurden, waren sehr zufrieden. Analog Tabelle 22 waren Prismenlupenbrillen erfolgreicher als Galilei'sche Systeme, teilweise erklärt durch die altersorientierte Verordnung. Tenner berichtet über einen erfolgreichen Einsatz Galilei'scher Systeme bei sehbehinderten Kindern (120).

Bei den Kleinteleskopen wurden Zweitverordnungen nicht berücksichtigt. Drei fach vergrößernde Systeme erreichten wegen des größeren Gesichtsfeldes mehr positive Antworten als achtfach vergrößernde. Lediglich in der höheren Altersklasse schneidet das Eschenbach 8 x 20 besser ab, vielleicht wegen der Möglichkeit einer Nahvergrößerung mit Abstandhalter.

Ein sehr positives Echo riefen elektronische Lesegeräte hervor. Besonders Schüler und Studenten kamen sehr gut zurecht.

Handlupenbesitzer waren am wenigsten zufrieden.

Signifikanz der Gesamtwerte besteht zwischen den Ergebnissen von Zweistärkenlupenbrillen und sonstigen, einfachen Lupenbrillen, von Galilei-Systemen und Prismenlupenbrillen und von Handlupen und allen optischen Lesehilfen.

Betrachtet man den seit der Verordnung vergangenen Zeitraum (Tab. 31), zeigt sich, daß die Zufriedenheit zunimmt, je länger die Sehhilfe im Besitz ist ("Lernphase"). Nach drei Jahren erfolgt ein geringer Abfall, wohl durch die Progredienz der Sehverschlechterung erklärt.

	durchschnittliche Punktzahl
bis 2 Monate	4,1
bis 4 Monate	4,4
bis 9 Monate	4,5
bis 3 Jahre	4,7
bis 4 Jahre	4,5
länger als 4 Jahre	4,4

Tabelle 31 Korrelation des seit der Verordnung vergangenen Zeitraumes mit der Zufriedenheit (n = 239)

Naturgemäß waren die Patienten, die bei der Frage nach den Haupt-Problemen ihre Sehhilfe als zu kompliziert bezeichneten (s. Tab. 20), am wenigsten zufrieden (Tab. 32).

	durchschnittliche Punktzahl
keine Probleme angegeben	4,9
Öffentlichkeitsscheu	4,6
Sehvermögen nachgelassen	3,7
Sehhilfe zu kompliziert	3,4

Tabelle 32 Korrelation Hauptschwierigkeiten - Zufriedenheit (n = 239)

Die Patienten, die bei sonstigen Problemen (Tab. 33) "Kopf-, Rücken- oder Armschmerzen angaben, waren erwartungsgemäß mit ihrer Sehhilfe unzufrieden. Geringer Leseabstand, Gewicht und begrenztes Gesichtsfeld dagegen gingen nicht mit einer unterdurchschnittlichen Punktzahl einher, ebenso Probleme mit elektronischen Lesegeräten.

	durchschnittliche Punktzahl
Kopf-, Rücken- oder Armschmerzen	3,5
nur kurzzeitige Nutzung möglich	3,8
geringer Leseabstand	4,3
begrenztes Gesichtsfeld	4,4
Gewicht	4,6
Probleme mit dem el. Lesegerät	5,0
keine Beschwerde, Sehhilfe optimal	5,4

Tabelle 33 Korrelation sonstige Probleme - Zufriedenheit
(n = 239)

Die Lesedauer als weiterer Parameter für den Erfolg mit der Sehhilfe korreliert mit der "Zufriedenheit" (Tabelle 34).

Lesedauer	durchschnittliche Punktzahl
keine Angabe	2,3
weniger als 1/2 Stunde pro Tag	3,6
1/2 bis 1 Stunde pro Tag	4,8
mehr als 1 Stunde pro Tag	5,1

Tabelle 34 Korrelation Lesedauer - Zufriedenheit
(n = 239)

Bei Betrachtung der sozialen Daten (Tabelle 35) fällt auf, daß allein- stehende Personen signifikant zufriedener waren, als verheiratete, die jemanden um sich haben, der sie betreut. Offensichtlich führt Selbständigkeit zu vermehrter Motivation.

	durchschnittliche Punktzahl
verheiratet	3,9
alleinstehend	4,5

Tabelle 35 Korrelation Familienstand - Zufriedenheit (n = 239)

Zwischen den Geschlechtern ließ sich keine signifikante Differenz nachweisen.

Eine Analyse des Berufsstandes ergibt die bekannte, größte Zufrieden- heit der Schüler und Studenten. Überdurchschnittlich hoch lagen auch die Antworten der künstlerischen Berufe. Unzufrieden zeigten sich Finanzangestellte und Patienten aus dem Personenkreis der Heilberufe und Pädagogen (Signifikanzniveau 0,5 % bzw. 5 %).

7.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Altersverteilung der 425 Patienten (53 % weiblich, 47 % männlich) zeigt eine Zweigipfeligkeit bei 60 bis 90 und (weniger) bei 6 bis 20 Lebensjahren. Im höheren Alter dominieren die trockene Maculadegeneration, im mittleren Alter Retinopathia diabetica und Opticusatrophie, und bis zu 25 Jahren angeborene Erkrankungen, an erster Stelle die Cataracta congenita.

Die jüngeren Patienten kamen mit ihrer Sehhilfe besser zurecht und waren signifikant zufriedener.

Optische, vergrößernde Systeme wurden in erster Linie bei einer zentralen Sehschärfe von 0.1 bis 0.2 verordnet, entsprechend einer drei bis fünffachen Vergrößerung, elektronische Lesegeräte mit mehr als zehnfacher Vergrößerung bei einem Visus von weniger als 0.1.

Patienten, die mit einem bis zu zweifach vergrößernden System lasen, kamen mit ihrer Sehhilfe sehr gut zurecht, ebenso Patienten mit elektronischen Lesegeräten. Wenig zufrieden zeigten sich diejenigen, denen ein zehnfach und höher vergrößerndes, optisches System verordnet wurde.

In knapp 30 % der Fälle besaßen beide Augen ein annähernd gleiches Sehvermögen. In 24 % konnte ein binokulares System ordiniert werden, naturgemäß vor allem bei kleiner Visusdifferenz und geringerer Vergrößerung. Mit diesen waren die Befragten durchschnittlich zufriedener, als mit monokularen Systemen.

Am häufigsten wurden einfache Lupenbrillen verordnet. Am besten kamen die Patienten mit Zweistärkenlupenbrillen zurecht. Außerdem fanden Prismenlupensysteme, die in erster Linie von jüngeren Patienten benutzt wurden, ein besonders positives Echo; ebenso elektronische Lesegeräte, die eine, vom Aufwand abgesehen, optimale Sehhilfe darstellen. Die kleinen Telemonokulare als Orientierungshilfe für die Ferne (in 2/3 der Fälle als Zweitverordnung) wurden von Schülern und Berufstätigen erfolgreich benutzt. Fernrohrlupenbrillen kamen mehr für ältere Patienten in Frage, weil für jüngere Betroffene Prismensysteme mehr Vorteile bieten.

Sehhilfen für die Nähe dienen in erster Linie zum Lesen von Zeitung, Kontoauszügen und Briefen. Das Fernsehen spielt eine große Rolle für ältere Leute mit einem vergrößernden Instrument für die Ferne; es stellt einen sinnvollen Zeitvertreib dar.

Bei den angegebenen Problemen stand eine Verschlechterung des Sehvermögens im Vordergrund, insbesondere bei Erkrankungen mit schlechter Prognose. Ansonsten wurden Schwierigkeiten in erster Linie von älteren Leuten aufgeführt (Umgangsschwierigkeiten mit der Sehhilfe durch eingeschränktes Gesichtsfeld, Kopf-, Rückenschmerzen, etc.). Von größter Bedeutung ist daher eine ausführliche Instruktion bei der Anpassung der Sehhilfe.

Insgesamt konnte mit der Verordnung vergrößernder Sehhilfen einem Großteil der sehbehinderten Patienten zumindest vorübergehend zu einer Verbesserung der Lesefähigkeit verholfen werden. Dies spielt neben einer adäquaten Einschulung für die Ausbildung, auch im Hinblick auf spätere Berufsaussichten eine entscheidende Rolle. Besonders jüngeren, sehbehinderten Patienten sollte diese Möglichkeit eröffnet werden, zumal der Erfolg in diesem Alter sehr gut ist.

Älteren Menschen wird mehr Selbständigkeit gegeben. Jedem älteren Patienten mit einem Lesevisus von 0.2 bis 0.4 kann als vorteilhaftes und wenig zeitaufwendiges Hilfsmittel auch von niedergelassenen Kollegen ein verstärkter Nahzusatz probeweise aufgesetzt werden. Regelmäßige Kontrollen des Lesevermögens sollten durchgeführt und durch Sehverschlechterung nutzlos gewordene Systeme weitergegeben und ggf. durch stärker vergrößernde ersetzt werden.

7.4 Schlußfolgerungen in Stichpunkten

- Mit steigender Lebenserwartung nimmt das Problem der Sehbehinderung zu. 66 % der untersuchten Patienten sind älter als 60 Jahre. Die häufigste Ursache ihrer Sehbehinderung ist die trockene Maculadegeneration.
- Der Sinn der Verordnung einer vergrößernden Sehhilfe ist eine Verbesserung der Lesefähigkeit und der Orientierung in der Ferne.
- Ein Erfolg ist am ehesten zu erwarten, wenn
 - nur geringe (zwei bis dreifache) Vergrößerungen notwendig sind, oder
 - es sich um jüngere, geistig aktive Patienten handelt,
 - dringender Lesewunsch und Motivation vorhanden sind,
 - besonders bei älteren Menschen einfach zu handhabende Systeme verordnet werden,
 - die Betroffenen nicht in allen Dingen von Angehörigen versorgt werden, sondern auf sich selbst angewiesen sind,
 - keine rasch progrediente Erkrankung vorliegt.
- Eine feste Korrelation zwischen (Lese)visus und erforderlicher Vergrößerung besteht nicht. Diese muß individuell ermittelt werden, ebenso die Art des Systems. Es sollte im Allgemeinen die kleinste erforderliche Vergrößerung gewählt und diese mit den unkompliziertesten Mitteln erreicht werden.
- Mehr als achtfache Vergrößerungen sind für optische Hilfsmittel problematisch und meist nur mit elektronischen Lesegeräten sinnvoll zu erreichen.
- Für die Praxis empfiehlt es sich, mit Hilfe von Leseprobentafeln die erforderliche Vergrößerung zu ermitteln und einen verstärkten Nahzusatz auszuprobieren. Zusammengesetzte Systeme sind für die Praxis oft zu kostspielig und die Anpassung zu zeitaufwendig.
- Ohne ausführliche Erklärungen zum Gebrauch der Sehhilfe, der Nachteile und der Begleithilfsmittel hat eine Verordnung keinen Sinn.
- Regelmäßige Kontrolluntersuchungen sind wegen häufiger Verschlechterung unbedingt anzustreben.
- Kinder - für die die Lesefähigkeit im Hinblick auf ihre Zukunft eine entscheidende Rolle spielt -, jugendliche und berufstätige Sehbehinderte sollten nicht nur der Verordnung einer vergrößernden Sehhilfe, sondern auch einer adäquaten sozialen, schulischen und beruflichen Rehabilitation zugeführt werden.

B Anhang

8.1 Adressen

Optische Hilfsmittel

Beroflex AG, Alsterdorferstraße 509, 2000 Hamburg 63,
Tel.: 040/594959
Vertrieb von Spiegelbrillen der Jenaoptik GmbH, DDR

Eschenbach Optik, Schopenhauerstraße 10, 8500 Nürnberg,
Tel.: 0911/36001
Optische Sehhilfen

W. Jähnert, Maschmühlenweg 3, 3400 Göttingen,
Tel.: 0551/49540
Vertrieb von Produkten der Firma Zeiss, Jena

C. H. Keeler, Clewer Hill Road, Windsor, Berkshire SL4 4AA,
Ausstellung: 21-27 Marylebone Lane, London W1M6DS, England
Keeler LVA-System

C. + H. Leuthäusser, Postfach 260, 8631 Wiesenfeld-Coburg,
Tel.: 09566/1211
Heidelberger Großflächenlupe

Möller-Schwind-Coopervision, Benzstraße 2 8750 Aschaffenburg,
Tel.: 06021/44081
Vertrieb des Keeler LVA-Systems

Oculus Optikgeräte GmbH, 6330 Wetzlar 17,
Tel.: 0641/2757
Lesegerät für Sehbehinderte ("Magnuskop")

E. Stratemeyer GmbH & Co KG, Vierhausstraße 79, 4630 Bochum 1
Tel.: 0234/594051
Zweistärkenlupengläser

C. Zeiss, Turnstraße 27, 7080 Aalen
Tel.: 07361/5911
Optische Sehhilfen

Elektronische Hilfsmittel

Baum Elektronik GmbH, Schloß Langenzell, 6901 Wiesenbach,
Tel.: 06233/4193, außerdem
Niederlassung Grüner Weg 1, 4775 Lippetal-Lippborg,
Tel.: 02527/246
Vertrieb von Visualtheek Fernsehlesegeräten und Viewscan

R. Belmer, Postfach 900260, 8000 München 90,
Tel.: 089/662749
Vertrieb von Magnilink

Deutsche Blindenstudienanstalt, Am Schlag 8, 3550 Marburg/Lahn,
Tel.: 06421/67053
Vertrieb des schwedischen elektronischen Leseegerätes "Magnivision"

Dorn GmbH, Kronstücken 13 - 15, 2000 Hamburg 70,
Tel.: 040/669183
Vertrieb der Philips - TV-Lupen

Oculus Optikgeräte GmbH, 6330 Wetzlar 17,
Tel.: 0641/2757
Vertrieb der elektronischen Leseegeräte "Magnilink" und "Magnivision"

F. H. Papenmeier, Postfach 1620, 5840 Schwerte,
Tel.: 02304/16005
Elektronische Hilfsmittel für hochgradig Sehbehinderte

Reinecker Videotechnik, Darmstädterstraße 3, 6101 Bickenbach,
Tel.: 06257/4897
Elektronische Leseegeräte "Videomatic"

B. U. Reitz, Sieboldstraße 16a, 6100 Darmstadt,
Tel.: 06151/20177
Elektronische Leseegeräte "Reader", "Videolupe"

Visualtek, 26th Street, Santa Monica CA 90404, USA
"Voyager" und andere elektronische Hilfsmittel

Wormald Int. Sensory Aids Ltd., Christchurch, New Zealand
"Viewscan" und andere elektronische Hilfsmittel

Sonstige Hilfsmittel

Caritas Bücherdienst, Postfach 1026, 7800 Freiburg im Breisgau
Bücher mit Großdruck

Deutscher Taschenbuchverlag, Friedrichstraße 1a, 8000 München 40
Bücher mit Großdruck

R. Dörfler, Gempfenstraße 46, CH-4143 Dornach
Tischleuchten mit Acrylschirmen

Kumewa, CH-5610 Wohlen
Tischleuchten

C. + H. Leuthäusser, Postfach 260, 8631 Wiesenfeld-Coburg,
Tel.: 09566/1211
Sehbehindertentische

Luxo-Leuchten GmbH, Feldstraße 18 - 22, 3200 Hildesheim,
Tel.: 05121/81024
Tischleuchten

Plankenhorn KG, Mühlgasse 22, 7208 Spaichingen,
Tel.: 07424/3015
Sehbehindertentische

H. Richarz, Postfach 1165, 5205 St. Augustin,
Tel.: 02241/333349
Bücher mit Großdruck

W. Schultze, Hildesheimerstraße 99, 3000 Hannover 1,
Tel.: 0511/886044 (45)
Leseständer, Lesepulte, Fresnelgroßflächen-Tischleuchtlupe

J. Tholenaar Verlag GmbH, Solseifen 5, 5222 Morsbach
Bücher mit Großdruck

H. Waldmann GmbH, Peter Henleinstraße 5, 7220 Villingen-Schwenningen,
Tel.: 07720/7011
Tischleuchten

Winzer Pharmazeutika, 7750 Konstanz
Leseprobentafeln für elektronische Lesegeräte

Fragebogen

- 2 -

Name:

1. Welche Sehhilfen benutzen Sie ?

.....

.....

2. Wie erklärte Ihnen der Optiker die Benutzung des Gerätes ?

- ausführlich
- mittelmäßig
- schlecht

3. Haben sich Ihre Erwartungen erfüllt, die Sie nach der Verordnung der Sehhilfe hatten ?

- ja
- teilweise
- gar nicht

4. Ist die Sehhilfe im täglichen Gebrauch für Sie

- unwesentlich
- wesentlich
- unentbehrlich ?

- 2 -

5. Welche Schwierigkeiten treten bei der Benutzung der Sehhilfen auf ?

- Sie ist mir zu kompliziert oder verwirrend
- Ich scheue es, meine Sehhilfe in der Öffentlichkeit zu tragen
- Mein Sehvermögen hat nachgelassen

6. Was stört Sie außerdem ?

.....

.....

.....

7. Sind Ihnen zuhause Personen behilflich, so daß Sie nicht auf sich selbst angewiesen sind ?

- ja
- nein

- 4 -

8. Wenn Sie eine Sehhilfe für die Nähe (zum Lesen etc.) besitzen:

Wie lange benutzen Sie sie täglich ?

- weniger als 1/2 Stunde
- 1/2 Stunde bis 1 Stunde
- mehr als 1 Stunde

Was lesen Sie mit Ihrer Sehhilfe hauptsächlich ?

- Kontoauszüge o.ä.
- Briefe
- Zeitung
- Bücher

9. Wenn Sie eine Sehhilfe für die Ferne besitzen:

Wie lange benutzen Sie sie täglich ?

- weniger als 1/2 Stunde
- 1/2 bis 1 Stunde
- mehr als 1 Stunde

Wozu benötigen Sie sie hauptsächlich ?

- zur Orientierung im Verkehr
- zum Fernsehen
- zur Betrachtung der Natur

- 4 -

10. Wer veranlaßte Sie dazu, sich eine vergrößernde Sehhilfe verordnen zu lassen ?

- der Augenarzt
- Freunde oder Bekannte
- der eigene Wunsch

11. Würden Sie einem sehbehinderten Bekannten zu einer Sehhilfe raten ?

- ja
- nein

12. Würden Sie sich noch einmal eine Sehhilfe verordnen lassen ?

- ja
- nein

Zu guter Letzt noch zwei allgemeine Dinge:

Ihr Geb.-Datum:

Ihr Beruf bzw.

früherer Beruf:

Wir danken Ihnen nochmals ganz herzlich und wünschen für Sie alles Gute.

8.3 Literatur- und Quellenangaben

Hinweise :

Literaturangaben im Text sind in Klammern angegeben. Eine Ziffer nach einem Komma bedeutet die Seitenzahl der Quelle, nach einem Semikolon eine weitere Literaturstelle.

Abkürzungen für Zeitschriften:

Am. J. :	American Journal of Ophthalmology
AO :	Der Augenoptiker
DOG :	Bericht über die Zusammenkunft der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft
DOZ :	Deutsche Optikerzeitschrift
kl.M. :	klinische Monatsblätter für Augenheilkunde
NOJ :	Neues Optiker Journal
ÖOG :	Österreichische Ophthalmologische Gesellschaft
SOZ :	Süddeutsche Optikerzeitschrift
WA :	Bericht über die Jahrestagung der Wiss. Vereinigung der Augenoptiker
ZoO :	Zeitschrift für ophthalmologische Optik
ZpA :	Zeitschrift für praktische Augenheilkunde

- 1 Aulhorn, E.: Ärztliche Hilfen für das sehbehinderte Kind, 69. DOG (1968), S. 311
- 2 Die Beziehung zwischen Gesichtsfeldausfall und Lesefähigkeit bei Schwachsichtigen, Bericht 7. Jahreshauptversammlung der ÖOG Wien (1962), S. 80
- 3 Optische und elektronische Hilfen bei Maculaaffektionen, 73. DOG (1973), S. 594
- 4 Refraktionsstörungen, in Pau, H.: Therapie in der Augenheilkunde, Springer Verlag 1977
- 5 Über die Indikation zur Verordnung vergrößernder Sehhilfen, 16. WVA (1966), S. 139
- 5a Bayer. Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung: Der Schwerbehinderte und seine Rechte, Merkblatt, München, 10/1986
- 6 Biessels, W. J.: Binkulare Teleskopbrillen für Schwachsichtige, AO 6/1972, S. 11
- 7 Die Prismenlupenbrille als vergrößerndes Sehhilfsmittel für Sehbehinderte, AO 2/1980, S. 84
- 8 Prismenlupenbrillen für Schwachsichtige, AO 11/1976, S. 1089
- 9 Blankenagel, A. (et. al.): Das Fernsehlesegerät für hochgradig Sehbehinderte, kl. M. 163 (1973), S. 376
- 10 elektronische Lesegeräte - ein Vergleich, 77. DOG (1980), S. 981
- 11 Erste Erfahrungen mit dem Fernsehlesegerät für hochgradig Sehbehinderte, kl. M. 160 (1972), S. 723
- 12 Praktischer Nutzen und Verordnung vergrößernder Sehhilfen, ZpA 2/1981, S. 275
- 13 Randsight-Lesegerät für Sehgeschädigte - Kabelfernsehgerät nach Genensky, 71. DOG (1971), S. 669
- 14 Repräsentativverhebung zur Erfassung sehbehinderter Kinder in Baden-Württemberg, 71. DOG (1971), S. 694
- 15 Schulische und berufliche Hilfen für sehschwache und erblindete Patienten, Zeitschrift für Allgemeinmedizin 34/1974, S. 1560
- 16 Wen kann mit einem elektronischen Lesegerät geholfen werden?, Blindenwelt 8/1972, S.20
- 17 Boehm, G.: Ein Lesegerät für Sehbehinderte, Reader's Digest 3/1971, S. 140
- 18 Blassmann, K. et. al.: Kontaktlinsen-Brillen-Kombination als Weitwinkeloptik, ZpA 3/1982, S. 25
- 19 Boissin, J. P. et. al.: Les Aides optiques et electroniques, Bulletin des Sociétés d'ophtalmologie de France, Rapport annuel, Numéro special, Marseille 11/1980
- 20 Boldt, W.: Sehbehinderung als pädagogisches Problem, 69. DOG (1968), S. 326
- 21 Bosch GmbH, R.: Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 19. Auflage, Stuttgart 1984
- 21a Brockhaus Enzyklopädie in 20 Bänden, 17. Auflage, Band 19, Wiesbaden 1974
- 22 Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation: Die Rehabilitation Behinderter, Wegweiser für Ärzte, Deutscher Ärzteverlag Köln 1984

- 23 Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung: Anhaltspunkte für die ärztliche Begutachtung Behinderter nach dem Schwerbehindertengesetz, Ziffer 32
- 24 Bundessozialhilfegesetz (BSHG), § 47, Eingliederungshilfe-Verordnung, 1.2.1975
- 25 Bundesversorgungsgesetz (BVG), § 30, Verwaltungsvorschrift Nr. 4
- 26 Buser, F.: Die Kontaktoptische Versorgung von Sehbehinderten, 18. Aschaffener Kontaktlinsentagung 1985, S. 29
- 27 Einführung in die Anpassung von vergrößernden Sehhilfen mit dem Keeler System, Ramstein Optik, Basel 1981
- 28 Merkblätter für die Betreuung Sehbehinderter, SZB Zentralstelle, Schweiz, Olten 1985
- 29 Neue Hilfsmittel für Sehbehinderte von Keeler, DOZ 5/1984
- 30 Nicht vergrößernde Sehhilfen, AO 2/1980, S. 57
- 31 Vergrößernde Sehhilfen von Keeler, DOZ 33/1978, S.11
- 31a Crundall, E. J.: A guide to sub-normal vision aids, in: The Optician, Vol. 159 (6/1970), S. 91
- 32 Daniels, E. J. et al.: Zeiss Prismenlupenbrillen und Prismenlupen, NOJ 12/1978, S. 5
- 33 Bewertungsrichtlinien der DGG, kl.M. 167 (1975), S. 341
- 34 Dorn-Bader: Physik, Hermann Schroedel Verlag, Hannover 1975
- 35 dtv-Lexikon, Band 11, dtv-Verlag München 1971
- 36 Duke-Elder, Sir St.: Visual Aids, in: Kimpton, H.: Textbook of Ophthalmology, Vol V, London 1970, S. 793
- 37 Eisfeld, M.: Die Wahl zwischen Refraktometer, Skiaskop und Ophthalmometer, Der Augenspiegel 4/1971, S. 148
- 38 Fahmer, D.: Sehen ohne Macula, NOJ 1/1981, S. 7
- 39 Fleck et al.: Sehhilfenanpassung, VEB Verlag, Leipzig 1968
- 40 Fonda, G.: Binocular corrections for low vision, Am. J. 45/1958, S. 23
- 41 Frey, R. G.: Grundlagen und Möglichkeiten der Verwendung vergrößernder Hilfsmittel zur Besserung herabgesetzten Sehvermögens, Ophthalmologica 142 (1961), S. 589
- 42 Friedburg, D.: Objektive Refraktionsbestimmung mit Refraktometer oder Skiaskop?, III. ophthalmologische Fortbildung, Münster 1982
- 43 Genesky, S. M.: Some comments on a closed circuit TV-system for the visually handicapped, American Journal of Optometry and physiological Optics 46 (1969), S. 519
- 44 Gerlach, W.: Johannes Kepler, Leben und Werk, Verlag R. Piper & Co, München 1966
- 45 Gernet, H.: Ultraschallbiometrie des Auges, kl. M. 151 (1967), S. 853
- 46 Gottlob, H.: Anpassung von vergrößernden, opt. Sehhilfen für Sehbehinderte, NOJ 11/1978
- 47 Bestimmung der Nahsehschärfe und Lesefähigkeit mit den neuen Zeiss Nahsehtesten, DOZ 3/1984, S. 58
- 48 Binokulare Lesetests - ein neues Hilfsmittel zur Prüfung des beidäugigen Lesens, DOZ 3/1983, S.44
- 49 Optische Korrektur bei herabgesetzter Sehschärfe, SOZ 5/1974
- 49a persönliche Mitteilung, 15. 5. 1986
- 50 Sehbehinderte und deren Versorgung mit vergrößernden Sehhilfen in den verschiedenen Lebensaltern, Optometrie 5/1981
- 51 Vergrößernde, optische Sehhilfen für Sehbehinderte - ein Leitfaden zur Bestimmung und Anpassung, der Augenspiegel 2/1986, S. 54
- 51a Vergrößernde Sehhilfen - physiologische, optische und anpaßtechnische Grundlagen, Der Augenspiegel 11/1980, S. 26
- 52 Graff, Th.: Messungen augen- und brillenoptischer Größen, Verlag G. Braun, Karlsruhe 1960
- 53 Greef, R.: Bruchstücke zur Geschichte der Brille, kl. M. 3/1913
- 54 Die Anfänge der eigentlichen Brillen, ZoO 1/1913, S.11
- 55 Grewe, R.: Rehabilitation Sehgeschädigter, 137. Versammlung der Rheinisch Westfälischen Augenärzte (1979), S. 86
- 56 Hallauer, O.: Über neuere Brillenoptik, ZoO 1/1913, S. 3
- 57 Hammerstein, W.: Die Kontaktlinse als Okular vergrößernder Sehhilfen, Contactologia 20/1980, S. 118
- 58 Rehabilitation in der Augenheilkunde, F. Enke Verlag, Stuttgart 1983
- 59 (et al.): Sehhilfen zur Gesichtsfeldvergrößerung, ZpA 2(1981), S. 302
- 60 Hemleben, J.: Galileo Galilei, Rowohlt Verlag, Reinbek bei Hamburg 1969
- 61 Johannes Kepler, Rowohlt Verlag, Reinbek 1971

- 62 Hertel, E.: Über den Ersatz der operativen Korrektur hochgradiger Myopie durch eine Gläserkombination (Fernrohrbrille), v. Graefes Archiv 75,3 (1910), S. 586
- 62a Hertlein, J.: Blindenhörbüchereien, ZPA 8/1987, S. 206
- 63 Höfling, G.: Farbänderungen des Tageslichtes im Raum, kl. M. 6/171 (1977), S. 966
- 64 Kann künstliche Beleuchtung das Tageslicht ersetzen? Deutsche Medizinische Wochenschrift 22/105 (1980), S. 775
- 65 Kopfschmerzen durch Leuchtstofflampenlicht, Schilling Verlag, Herne 1973
- 66 Lesen bei Leuchtstofflampenlicht, kl. M. 2/175 (1979), S. 145
- 67 Prävention von Sehstörungen beim Arbeiten am Bildschirm, Therapie der Gegenwart 2/121 (1982), S. 104
- 68 Schlechte Haltung beim Schreiben, Hippokrates Verlag 1972
- 69 Hollwich, F., et al.: Die Wirkung des natürlichen und künstlichen Lichtes über das Auge auf den Hormon- und Stoffwechselhaushalt des Menschen, kl. M. 1/171 (1977), S. 98
- 70 Hughes, W. L.: Aniseiconia, Am. J. 19(1936), S. 686
- 71 Iwanoff, zit. nach Schober, H.: Das Sehen, Band 1, Fachbuchverlag Leipzig 1957, S. 271
- 72 Jaeger, W. et al.: Lesegerät für Sehbehinderte mit großer Fresnellinse, 71. DGG, S. 679
- 73 Elektronisches Lesegerät für hochgradig Sehbehinderte, deutsche med. Wochenschrift 99(1974), S. 2365
- 74 Wandel in den Ursachen der Blindheit in den letzten 100 Jahren, Jubiläumsschrift der staatlichen Blindenschule Ilvesheim 1968
- 75 Käpermik, E.: Die Fernrohrlupenbrille, AO 2/1980, S. 44
- 76 Kaden, R.: Sehbehindert - Blind, Thieme Verlag, Stuttgart 1978
- 77 Kampffmeyer, H.: Die Arzneimitteltherapie okulärer, vaskulärer Verschlußkrankheiten, in Lund, O. E. et al.: Gefäßkrankheiten des Auges, Enke Verlag, Stuttgart 1983
- 78 Kaue, W.: Die optischen Grundlagen, die Bestimmung, Anpassung, Montage und Abgabe von Prismenfernrohrbrillen und Prismenlupenbrillen aus der Sicht des Praktikers, AO 2/1980, S. 36
- 79 Keeler, C. H.: Low vision Aids, herausgegeben von der Firma Keeler, London 1963
- 80 Krakow, B.: Erhebung zur Erfassung sehbehinderter Kinder im Lande Baden-Württemberg auf repräsentativer Grundlage, Diss., Heidelberg 1974
- 81 Kraupa, E.: Vereinfachung des Lesens Sehschwacher und Blinder, Ophthalmologica 118 (1949) S. 945
- 81a Kromp, H. W.: Brillenglas bei hoher Myopie, Augenspiegel 10/1986, S. 40
- 82 elektronische Lesegeräte für hochgradig Sehbehinderte, Augenspiegel 3/1986, S. 10
- 83 Küchle, Busse: Taschenbuch der Augenheilkunde, 2. Auflage, Verlag Hans Huber, Bern 1978
- 84 Lang, H. J.: Biomathematik für Mediziner, Institut für med. Statistik der TU München 1984
- 85 Lienberger, E.: Psychologische Aspekte in der Versorgung von Sehbehinderten, AO 2/1980, S. 31
- 86 Lund, O. E.: Degenerative Netzhauterkrankungen, in Pau, H.: Therapie in der Augenheilkunde, Springer Verlag Berlin Heidelberg 1977, S. 196
- 87 Weniger Augenverletzungen durch Zusammenstöße mit Windschutzscheibenverletzungen, in Wagner, H. J.: Auswirkungen der Gurtanlagepflicht - ärztliche Aspekte, Deutsches Ärzteblatt 5/1966, S. 243
- 88 Mackensen, G.: Die Lesegeschwindigkeit, Grundlagen für die klinische Funktionsprüfung, kl. M. 144 (1964), S. 215
- 89 Die Untersuchung der Lesefähigkeit als klinische Funktionsprüfung, Fortschrittliche Augenheilkunde 12(1962), S. 344
- 90 Zur Pathophysiologie schlechten Sehens, AO 2/1980, S. 17
- 91 Makabe, R.: Häufige Erblindungsursachen, Medizinische Klinik 68 (1973), S. 279
- 92 Mann, D.: Vergrößernde, optische Sehhilfen für Sehbehinderte, AO 2/1980, S. 49
- 92a Mehdorn, E.: Besserung der Amblyopie nach Verlust des Führungsauges, ZpA 7/1986, S. 266
- 93 Mitze, K. et al.: ABC der Optik, VEB F.A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1961, S. 540
- 94 Pape, R.: Augenarzt und Eingliederungsmaßnahmen, 69. DGG (1968), S. 319
- 95 et al.: Berufswahl und Auge, 4. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart 1976
- 96 Die schulische Betreuung Sehbehinderter, AO 8/1978, S. 23
- 97 Lupenbrillen, Fernrohrbrillen und Fernrohrlupenbrillen. Vergrößernde Sehhilfen für Sehgeschädigte, Zeitschrift für Allgemeinmedizin 3/1971, S. 111
- 98 Plath, G.: Grundsätzliches zur Anpassung vergrößernder Sehhilfen für Sehbehinderte, AO 2/1980, S. 25

- 99 Potts, A. et al.: A television Reader, Am. J. 47 (1959), S. 580
- 100 Reinecker, B.: persönliche Mitteilungen, 2. 9. und 25. 10. 1985
- 101 Reiner, J.: Auge und Brille, 3. Auflage, Enke Verlag, Stuttgart 1978
- 102 Ein Lesegerät für Sehbehinderte, kl. M. 183 (1983), S.63
- 103 Optische Instrumente, I. Teil, F. Schrickel Verlag, Düsseldorf 1956
- 104 Rittweger, T.: Sehbehinderung und sozialrechtliche Bestimmungen, Vortrag, Universitäts-Augenklinik München 1983
- 105 Verordnung von vergrößernden Sehhilfen bei seniler Maculadegeneration in der Praxis, Vortrag, Universitäts-Augenklinik München 1982
- 106 Rohr, M. v.: Das Brillenglas als optisches Instrument, Springer Verlag, Berlin 1934
- 107 Die optischen Instrumente, 4. Auflage, Verlag von J. Springer, Berlin 1930
- 108 Neuerungen auf dem Gebiete der Brillenoptik I + II, ZoO 1/1913, S. 18 und 4/1913, S.117
- 109 Kepler's Behandlung des beidäugigen Sehens, grafische Kunstanstalt Schiele, Regensburg 1930
- 110 Kepler's Grundlagen der Optik, ZoO 13 (1925), II. 8
- 111 Zur Entwicklung der Fernrohrbrille, ZoO 2 (1918), S. 25
- 112 Zur Theorie der Fernrohrbrille, v. Graefe'sches Archiv 75/5 (1910), S. 561
- 113 Rosé, A. H. T.: Statistics on 267 Low Vision Patients, Conference on Low Vision, Royal New Zealand Foundation for the Blind, August 1975
- 114 Schmitz, E. H.: Die Sehhilfe im Wandel der Jahrhunderte, Verlag SZ, Stuttgart 1965
- 115 Schober, H.: Besondere Sehhilfen, in Velhagen, K.: Der Augenarzt, 2. Auflage, Thieme Verlag, Leipzig 1972
- 116 Schulte-Wintrop, E.: Untersuchungen der Veränderung der Sehschärfe Augengesunder mit der Fernrohrbrille nach Gernet, Diss., Universität Münster 1983
- 117 Skoruppa, W.: Grundbegriffe der Optik, 2. Auflage, Verlag SZ, Stuttgart 1963
- 118 Stock, W.: Über die Möglichkeiten, schwach-sichtig gewordenen Patienten (Soldaten) das Lesen wieder zu ermöglichen, kl. M. 1915, S. 217
- 119 Straub, W. et al.: Beitrag zur Darstellung biologischer Objekte im Film, 60. DOG (1960), S. 258
- 120 Tenner, A.: Erfahrungen mit der Verordnung von Fernrohr-Lupenbrillen bei sehbehinderten Kindern, 68. DOG (1968), S. 356
- 121 Walter, E.: Biomathematik für Mediziner, Verlag Teubner, Stuttgart 1980
- 122 Weder, W.: Spezielle Brillenverordnung bei Achromatopsie, kl. M. 166 (1975), S. 380
- 123 Wertheimer, Th.: Über die indirekte Sehschärfe, Zeitung für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, 1/1894
- 124 Wörle, Optikstudio: Patientenkartei über die Verordnung von vergrößernden Sehhilfen von 1979 bis 1985

Außerdem wurden einige Daten folgenden Produktinformationen entnommen:

Firma Eschenbach Optik: Lu 501 und Se 101d
 Firma Keeler, London: Panfocal telescopes, Ref. 5001
 Firma Reinecker: Hilfsmittel für stark Sehbehinderte
 Firma Schwind, Herbert: Keeler LVA-System, Sehhilfen für Sehbehinderte
 Firma E. Stratmeyer: Mitteilungen über das Ideal-Zweistärkenglas v. 5/84
 Firma C. Zeiss: Lupenbrille 20-646-d.
 Vergrößernde Sehhilfen für die optische Korrektion 20-620-d
 Zeiss Ferngläser 52-129-d
 Zeiss Zweistärkenlupengläser 20-641-d

Fotonachweis: Abb. 2, 3, 10, 11, 12, 17, 27 - 31, 39 - 43 vom Autor;
 Abb. 4 und 5: G. Höfling, Wilfrath; Abb. 18 und 38: Firma C. Zeiss, Oberkochen;
 Abb. 44: "der Augenspiegel" 3/86, mit freundlicher Genehmigung der Firma
 Baum Elektronik, Wiesenbach.

8.4 Danksagung

Zunächst möchte ich Herrn Prof. Lund danken, der mir dieses sehr interessante Thema zur Verfügung gestellt und damit den Grundstein für einen tieferen Einblick in dieses teilweise etwas vernachlässigte Spezialgebiet der Augenheilkunde gelegt hat. Ganz besonderer, herzlicher Dank gebührt Frau Dr. Rittweger, die die Arbeit interessiert und engagiert betreute und mir viele wertvolle Hinweise gab. Herrn Dr. Kain danke ich für die sorgfältige, kritische Durchsicht der Arbeit mit einigen Verbesserungsvorschlägen. Herr Prof. Birngruber begutachtete die optischen Ausführungen. Herr Prof. Kampik und Herr Prof. Goerke zeichneten für die Mitberichterstattung verantwortlich.

Mein Dank gebührt weiter Herrn Wörle, München, der mir wichtige Informationen zu vergrößernden Hilfsmitteln zukommen ließ, mir einige Sehhilfenmodelle zur Fotografie zur Verfügung stellte und mir Einblick in seine Verordnungskartei gewährte. In diesem Zusammenhang möchte ich auch Herrn Link, Bühl/Baden, und Herrn Meier, Wülfrath, dankend erwähnen.

Ich danke außerdem Frau Straubel, Stuttgart, und Herrn Kröhn, Augenklinik München, die die endgültigen Abbildungen 8, 9, 14, 24, 26, 45, 46, 48, 49, 51, 52, 58 bzw. 47, 50, 53 - 57 zeichneten, und Frau Egger, Deisenhofen, die mir Hilfestellung beim Schreiben der Arbeit leistete. Einige Informationen verdanke ich außerdem meinem Vater in Wülfrath, weiter Frau Zahn, Sekretariat der Augenklinik München.

Es sei denen gedankt, die postalische Anfragen (Literatur, Herstellerinformationen) prompt beantworteten, den vielen Patienten, ohne deren Mitarbeit das Ziel nicht hätte erreicht werden können, und nicht zuletzt meiner lieben Gabi, die noch mehr als ohnehin verständnisvoll auf meine Anwesenheit verzichtet hat.

8.5 Lebenslauf

Am 29. 2. 1960 wurde ich als erstes Kind meines Vaters Dr. med. G. Höfling, Augenarzt, und seiner Ehefrau M. Höfling, Musikpädagogin, in Düsseldorf geboren. Meine Kindheit verbrachte ich mit meinen drei Geschwistern in Wülfrath. Dort wurde ich 1966 eingeschult. 1969 trat ich in das Neusprachliche Gymnasium der Stadt Wülfrath ein. Das Abitur konnte ich 1978 ablegen.

1978 begann ich mit dem Studium der Medizin in Düsseldorf. Dort legte ich die ärztliche Vorprüfung und den ersten Teil der ärztlichen Prüfung im März 1981 bzw. März 1982 ab. Zum Wintersemester 1982 wechselte ich an die Ludwig-Maximilians-Universität München, wo im März 1984 der zweite Abschnitt der ärztlichen Prüfung erfolgte. Bis dahin famulierte ich in der Augenklinik im Krankenhaus München-Harlaching, im Krankenhaus Wülfrath, außerdem bei niedergelassenen Ärzten der Augenheilkunde, der Dermatologie und der Inneren Medizin.

Es folgte das Praktische Jahr mit dem ersten Tertial (Innere Medizin) im Zentralklinikum Augsburg, dem zweiten Tertial (Chirurgie und Neurochirurgie) im Klinikum München-Großhadern und dem dritten Tertial (Augenheilkunde) in der Augenklinik der Universität München. Dort begann ich Anfang 1985 mit meiner Promotionsarbeit. Im April 1985 bestand ich den dritten Teil der ärztlichen Prüfung und erhielt die Approbation als Arzt.

Im Juni, August, Oktober und Dezember 1985 arbeitete ich als Urlaubsvertretung in der Augenarztpraxis Prof. v. Barsewisch bzw. der Augenklinik Herzog-Carl-Theodor. Seit 1. 1. 1986 bin ich als Assistenzarzt in der Augenklinik der Universität München / Mathildenstraße tätig. Ich beabsichtige, das Fach der Augenheilkunde zu erlernen.

